

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**Měření spotřeby energií v systému IoT**  
**Energy Measurement in IoT**

2019

Bc. Tomáš Augusta

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Tomáš Augusta**

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907T001 Elektroenergetika

Téma:

**Měření spotřeby energií v systému IoT  
Energy Measurement in IoT**

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický úvod (Popis vlastností IoT, způsoby komunikace)
2. Návrh HW části
3. Návrh SW části
4. Realizace laboratorního modelu
5. Pilotní provoz a jeho vyhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Manuál Inels
- [2] Elektroinstalace krok za krokem, Josef Kunc, 2003
- [3] ČSN 33 2000-5-51 ed.3.; Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-51 : Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy
- [4] ČSN 33 2130 ed.2 (3321 30), Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody
- [5] ČSN 33 2000-4-41 ed.2 (33 2000), Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41 : Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019

  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry

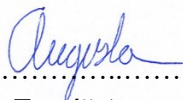


  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 26.04.2019



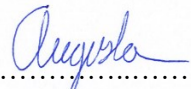
.....  
Bc. Tomáš Augusta

## Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Lukášovi Prokopovi, Ph.D. za přínosné informace, vedení a pomoc při tvorbě mé diplomové práce.

Dále bych rád touto cestou poděkoval své rodině a kolegům v práci za psychickou podporu během mých studií a psaní této práce.

V Ostravě dne: 26.04.2019



.....  
Bc. Tomáš Augusta

## **Abstrakt**

Tématem diplomové práce je měření energií v systému IoT a realizace laboratorního modelu. Úvodní část práce se zabývá popisem systému IoT a bezdrátovými sítěmi pro přenos dat v systému IoT. Dále se práce věnuje přehledu systémů pro měření energií od různých výrobců. V další části se práce zabývá návrhem laboratorního panelu, pro měření spotřeby elektrické energie, vody a plynu. V poslední části se práce věnuje realizaci, oživením a pilotním provozem laboratorního modelu.

## **Klíčová slova**

iNELS; IoT; SDS; Měření spotřeby energií

## **Abstract**

The goal of this thesis is to provide an overview of the current IoT systems for energy recording and construct a sample system in a laboratory setting. We will describe in detail a generic IoT system and discuss all available options for wireless data transfer. Detailed plans of the sample system for measuring electric energy, water usage and natural gas consumption are provided in chapter four and five. The last chapter is focused on the construction of the system and illustrates its pilot use.

## **Key words**

iNELS; IoT; SDS; Energy consumption measurement

# Obsah

Seznam použitých zkratk symbolů .....	2
Seznam ilustrací a tabulek.....	3
Úvod.....	5
<b>1. Systém IoT .....</b>	<b>6</b>
1.1. Komunikace IoT zařízení.....	7
1.1.1. Sigfox .....	8
1.1.2. LoRa .....	9
1.1.3. NB-IoT.....	10
1.1.4. Sítě WAN .....	10
<b>2. Měření spotřeby energií.....</b>	<b>11</b>
2.1. Systém Inogy .....	12
2.3. Snímače spotřeby energií v domácnostech .....	14
2.3.1. Elektrická energie .....	14
2.3.2. Studená a teplá užitková voda .....	14
2.3.3. Plyn.....	15
<b>3. Inteligentní elektroinstalace .....</b>	<b>16</b>
3.1. Výrobci přehled .....	17
3.1.1. Možnosti měření iNELS .....	17
3.1.2. Siemens Synco living .....	20
3.1.3. Foxconn .....	22
3.1.4. Online technology .....	23
3.1.5. Teco .....	24
<b>4. Návrh hardwaru.....</b>	<b>25</b>
4.1. Použité přístroje iNELS .....	26
4.2. Zařízení SDS .....	29
<b>5. Návrh laboratorního modelu.....</b>	<b>30</b>
5.1. Návrh zařízení.....	30
5.2. Soupis navrhovaného materiálu .....	34
5.3. Rozpočet laboratorního panelu .....	36
<b>6. Realizace laboratorního modelu .....</b>	<b>38</b>
6.1. Konfigurace Wi-Fi Routeru .....	38
6.2. Zapojení a konfigurace SDS zařízení.....	44
6.3. Naměřená data.....	53
<b>7. Vyhodnocení .....</b>	<b>58</b>
<b>8. Závěr.....</b>	<b>60</b>
<b>9. Seznam použitých zdrojů.....</b>	<b>61</b>

## Seznam použitých zkratk symbolů

bit/s	Bit za sekundu
	Jednotka přenosové rychlosti
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
CYKY	Měděný silový kabel
ČSN	Česká technická norma
DC	Direct Current
	Stejnoseměrný proud
GSM	Groupe spécial mobile – globální systém pro mobilní komunikaci
IP	Internetový protokol
kW·h	kilowatthodina
	jednotka energie
LAN	Local area network – místní (lokální) síť
LCD	Liquid crystal display – displej z tekutých krystalů
LED	Light emitting diode – dioda emitující světlo
LPWAN	Low power wide area network – nízko energetická pro rozsáhlé území
m <sup>3</sup>	Metr krychlový
	Jednotka objemu
PC	Personal computer – osobní počítač
PLC	Programmable logic controller - programovatelný logický automat
STA	Společná televizní anténa
WAN	Wide area network – rozhledlá síť



## Seznam ilustrací a tabulek

Tab. 1 Rozpočet laboratorního modelu - Zařízení.....	36
Tab. 2 Rozpočet laboratorního modelu - Systém iNELS.....	36
Tab. 3 Rozpočet laboratorního modelu - Systém SDS.....	36
Tab. 5 Energy cloud - Suma celkové spotřeby.....	54
Tab. 6 Energy cloud - Naměřené hodnoty .....	55

Obr. 1 IoT Sít [2] .....	7
Obr. 2 Pokrytí sítě Sigfox [4].....	8
Obr. 3 Struktura sítě Sigfox [5] .....	9
Obr. 4 Pokrytí sítě LoRa [6].....	9
Obr. 5 Struktura sítě LoRa [7].....	10
Obr. 6 Struktura sítě NB-IoT [8].....	10
Obr. 7 Dálkový odečet plynu Inogy [9].....	13
Obr. 8 Sběrníkové řešení iNELS BUS [11] .....	18
Obr. 9 Bezdrátové řešení iNELS RF Control [11].....	19
Obr. 10 Bezdrátové řešení iNELS Air - Platforma pro IoT [11] .....	20
Obr. 11 Odečet údajů o spotřebě systémem Siemens Synco living [12] .....	21
Obr. 12 Měřicí modul společnosti Foxconn [12] .....	22
Obr. 13 Zařízení SDS BIG64 LORAWAN [13] .....	23
Obr. 14 Zařízení SDS MICRO LIGHT E [15] .....	24
Obr. 15 PLC Tecomat Foxtrot [17].....	24
Obr. 16 Energy brána RFPM-2M [18] .....	26
Obr. 17 Bezdrátový převodník pulzů [19] .....	27
Obr. 18 Proudový transformátor CT50 [20] .....	27
Obr. 19 LED Senzor - LS [21] .....	27
Obr. 20 Magnetický senzor WS [22].....	28
Obr. 21 Magnetický senzor MS [23].....	28
Obr. 22 SDS MICRO DIN E [24] .....	29
Obr. 23 Oběhové čerpadlo [25].....	30
Obr. 24 Vodoměr [26] .....	31
Obr. 25 Umístění Magnetického senzoru na vodoměr [27].....	31
Obr. 27 Plynoměr .....	31
Obr. 26 Umístění magnetického senzoru na plynoěmru [27] .....	31
Obr. 28 Čidlo na plynoměr IN-Z61 [30] .....	32
Obr. 29 Mikrotik Hap ac lite [32].....	34
Obr. 30 Návrh laboratorního panelu.....	37
Obr. 31 Winbox - Přihlášení do zařízení.....	39
Obr. 32 Winbox - Odebrání výchozího nastavení.....	39
Obr. 33 Winbox - Aktualizace ROS .....	40
Obr. 34 Winbox - Aktualizace Firmware .....	40
Obr. 35 Winbox – Konfigurace Bridge.....	41
Obr. 36 Winbox – Konfigurace Bridge.....	41

Obr. 37 Winbox – Konfigurace IP Adresses .....	42
Obr. 38 Winbox – Konfigurace DHCP Serveru.....	42
Obr. 39 Winbox - Konfigurace Wi-Fi.....	44
Obr. 40 Zapojení SDS [24] .....	45
Obr. 41 Úvodní stránka webového rozhraní .....	45
Obr. 42 Nastavení impulsních vstupů .....	46
Obr. 43 Přidané zařízení SDS v energy cloudu .....	48
Obr. 44 Spuštění bootloaderu.....	49
Obr. 45 Ovládací panel programu SDS-C.....	49
Obr. 46 Nahrání vlastního programu přes program SDS-C .....	50
Obr. 47 Aktuální hodnoty měření přes webové rozhraní .....	53
Obr. 48 Graf spotřeby za posledních 24 hodin přes webové rozhraní .....	54
Obr. 49 Energy cloud - Graf celkové spotřeby .....	55
Obr. 50 Energy cloud - Stav počítadel .....	56
Obr. 51 Hotový laboratorní model .....	57

## Úvod

V posledních letech je celosvětově věnována pozornost snižováním nákladů na energie. Pro efektivní zjištění, kde je možné ušetřit je důležité měření a analýza dat. V domácnostech nebo rodinných domech se měření provádím jednoročním odečtem hodnot a následným vyfakturováním spotřeby za měřené období. Odběratel nemá možnost zjistit, v jakém období měl jakou spotřebu a tím nemůže nijak analyzovat data nebo si průběžně opisovat data z měřidel což je velmi časově náročný úkon. V dnešní době je možné data o spotřebě energií analyzovat v reálném čase a tím lépe analyzovat data a nacházet možnosti úspor. [1]

Principem měření spotřeby energií je snímač nebo více snímačů poblíž připojených do sítě, přes kterou odesílají aktuální data o spotřebě do vzdáleného zařízení, kde jsou data uchovávána a je možnost jejich analýzy. Úspory je možné také provést chytrým řízením aktuální spotřeby a docílením rovnoměrného odběru. U dodávky elektrické energie odběratel platí i za velikost rezervovaného příkonu. Při vhodném měření a vyhodnocení dat je možné spotřeby rozprostřít tak aby odběratel nebyl omezován, snížit maximální špičky odběru elektrické energie a tím i snížit náklady za elektrickou přípojku. [1]

Obsahem této diplomové práce je seznámení se systémem internetu věcí, přenosem dat a využitím systému internetu věcí pro spotřebitele, průmysl a chytré města. Přenos dat v systému IoT hraje velkou roli, protože kvůli internetu věcí vznikají nové komunikační bezdrátové sítě pro přenos dat, které se vyznačují co nejmenší energetickou náročností na zařízení odesílající data pro zajištění co nejdelší výdrže senzorů na baterie. Cílem je návrh a sestavení laboratorního panelu pro měření spotřeby energií systémem IoT. Laboratorní panel bude obsahovat měření spotřeby elektrické energie, vody a plynu.

# 1. Systém IoT

Pojem Internet věcí (Internet of things) v informatice znamená síť propojených fyzických zařízení, které mají každé svoji jednoznačnou adresu. Tato síť je založena na standardizovaných komunikačních protokolech pro sdílení informací a přenos dat. Jedná se například o zařízení s přidělenou vlastní IP adresou. Jedná se například webové kamery, termostaty, chytré domácnosti a jiné. Internet věcí je také určený pro zařízení, které nemají přidělenou svou vlastní IP adresu. Jedná se o systém určený pro čidla senzory apod.. Tyto zařízení komunikují prostřednictvím speciálních komunikačních bezdrátových sítí přímo vytvořených pro komunikaci v IoT. Cílem těchto zařízení a senzorů je co nejdelší výdrž na baterii, tudíž je požadovaná co nejnižší spotřeba a zároveň velký dosah odesílaných dat. [2]

Systém IoT je možno rozdělit do dvou kategorií na průmyslový internet věcí (Industrial IoT) a spotřebitelský internet věcí (Consumer IoT). Zavedení IoT v průmyslu přináší například zvýšení efektivity výrobního procesu, nebo jej lze využít pro výrazné snížení úspor. Použití IoT v průmyslu lze vidět například v energetickém průmyslu, průmyslové automatizaci, dopravním průmyslu, zdravotnictví apod.. Na druhou stranu IoT pro spotřebitele přináší spíše ulehčení života nebo životní úroveň. Spotřebitelské využití systému IoT je možné vidět v chytré domácnosti, kde můžeme použít na různé aplikace (řízení domácnosti, zautomatizování určitých procesů, měření a vyhodnocení energií, monitorování apod.). Dále se systém pro spotřebitele nachází v chytrých spotřebičích (robotické vysavače, pračky/sušičky, chladničky), které používají Wi-Fi/LAN. Také se využívá ke snímání zdravotního stavu (chytré hodinky snímající tep a jiné životní funkce). Další možností je využití systému pro sledování polohy. Jedná se například o chytré hodinky, které v určitém intervalu odesílají pomocí sítě IoT informaci o poloze. [2]

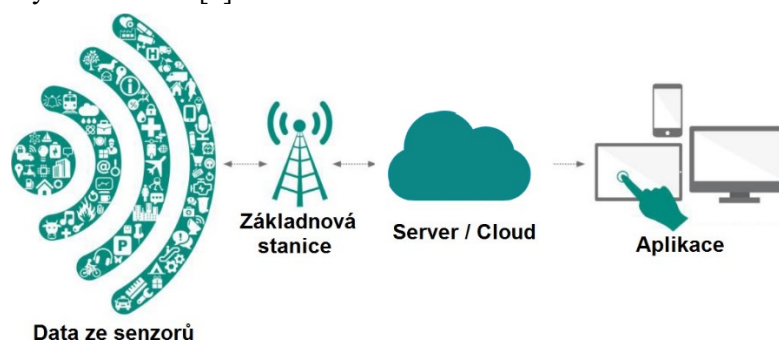
Smart city (chytré město) patří do kategorie průmyslový internet věcí. Do systému chytrého města patří například odpadové hospodářství, doprava, energetika, informace, nebo životní prostředí. V odpadovém hospodářství se využívají chytré popelnice na odpad se signalizací stavu naplnění těchto popelnic. Ve městech jsou umístěny tisíce popelnic a není možné každou popelnicu připojit do elektrické sítě. Je tedy nutné, aby zařízení instalované na popelnici fungovalo z napájení pomocí baterie. Také výdrž na baterie by měla být co nejdelší, aby se nemuseli zařízení často dobíjet nebo měnit baterie. Hladinu odpadů v popelnicích průběžně snímají ultrazvukové senzory. Údaje se odesílají datovou sítí do portálu pro vyhodnocení. Tento systém tedy umožňuje efektivně vyvážet jen ty popelnice, které jsou z většiny nebo zcela naplněné odpadem a nezdržovat se u popelnic které jsou poloprázdné. Tímto systémem je možné dosáhnout velkých úspor optimalizací svozových tras, svozy jsou plánovány pouze do míst, kde jsou kontejnery z větší části zaplněny, a zohledňují přitom i typ tříděného odpadu. Dále se v chytrých městech využívá čidel pro měření kvality životního prostředí ve městech a v interiérech budov. Dále je možné v dopravě sledovat aktuální hustotu dopravy a podle aktuální hustoty dopravy na komunikaci lépe řídit silniční provoz ve městech. Chytré město je možné také využít k řízení osvětlení.

Chytré veřejné osvětlení je možné na rozdíl od normálního osvětlení regulovat. Klasické osvětlení se v určitou dobu zapne a svítí celou noc stejně. Tím je energeticky velice náročnější než chytré osvětlení, které je schopno reagovat na aktuální hustotu pohybu v daném místě a podle hustoty se reguluje výkon osvětlení a snižuje energetickou náročnost. V chytrém osvětlení je každá lampa připojena pomocí bezdrátové sítě pro vzdálenou regulaci osvětlení. [3]

## 1.1. Komunikace IoT zařízení

Systém IoT původně využíval pro komunikaci datové sítě operátorů nebo připojení přes Wi-Fi/LAN. Tyto datové sítě se ale vyznačují velkou energetickou náročností, protože jsou především navrhovány pro co nejvyšší možnou rychlost přenosu dat. Proto se pro komunikaci vyvinuli speciální datové sítě, kterým stačí velmi nízká přenosová rychlost a také není potřeba velký vysílací výkon pro příjem/odesílání dat.

Tyto sítě jsou především určeny pro senzory, čidla nebo spínače, které přijímají/odesílají data. Tyto zařízení budou provádět danou akci nebo snímat požadovanou veličinu. Pro komunikaci těchto zařízení slouží speciální bezdrátové datové sítě. Tyto bezdrátové sítě nesou označení LPWAN (Low Power Wide Area Network - nízkoe energetická síť pro rozsáhlé území). IoT zařízení nepotřebují být stále připojeny na síť, ale těmto zařízením stačí poslat/přijmout pouze několik zpráv během jednoho dne, což jim umožňuje komunikovat několik let pouze na baterii. Některým zařízením stačí komunikovat pouze jedním směrem (např. pouze odesílat data, typické pro měření spotřeby). Tento typ sítě umožňuje přenášet malé množství dat mezi IoT zařízeními na velké vzdálenosti. Nízká spotřeba a nízká přenosová rychlost odlišuje tuto síť od klasické bezdrátové sítě WAN (World Area Network – Internetová síť). Data ze senzorů jsou pomocí těchto bezdrátových sítí přenášeny na cloud/server, kde jsou tyto data uchovány a je možné data dále zpracovávat a vyhodnocovat. [2]



Obr. 1 IoT Síť [2]

Další možnost komunikace zařízení IoT je propojení zařízení pomocí kabelů. Takhle možnost je technicky vyřešená a dá se snadno realizovat. Nevýhodou propojení pomocí kabelů je v instalaci příslušné kabeláže a pořízováním zařízení, které bude shromažďovat data, dále vyhodnocovat a bude připojené na síť pro vzdálenou správu. Bezdrátový systém nepotřebuje žádnou centrální jednotku, která bude instalovaná v objektu, ale každé čidlo je pomocí bezdrátového převodníku připojené do IoT sítě přes které posílá data. Cílem konceptu IoT je mít zařízení, která budou komunikovat pomocí bezdrátové sítě a jejich napájení vydrží desítky let. Zařízení bude možné umístit kamkoliv a napájet pouze pomocí baterie.

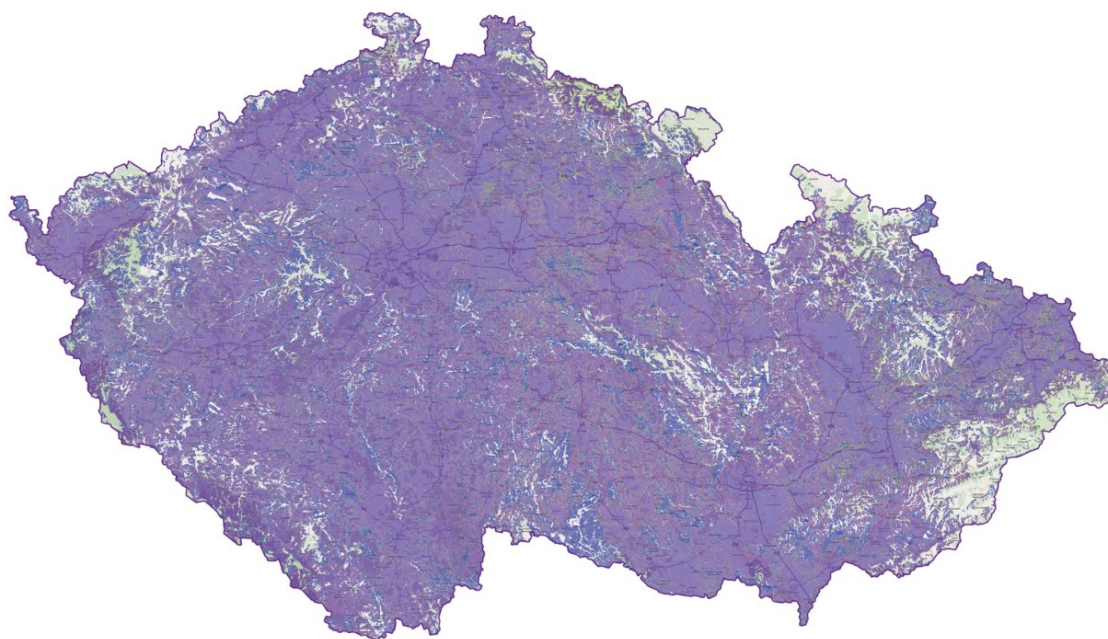
Pro systém IoT byly navrženy tři nízkoe energetické sítě pro bezdrátový přenos dat mezi senzory a Cloudy/Servery. Sigfox, LoRa a NB-IoT (Narrow Band IoT, neboli úzkopásmová síť). V České republice jsou aktuálně tři hlavní hráči, kteří budují komunikační infrastrukturu pro systém IoT. Společnost SimpleCell, která využívá infrastrukturu T-Mobile a technologii Sigfox; České Radiokomunikace používající technologii LoRa (Long Range – Dlouhý dosah) a mobilní operátoři Vodafone a O2, kteří provozují v rámci sítí LTE a 5G síť na technologii NB-IoT. [2]

### 1.1.1. Sigfox

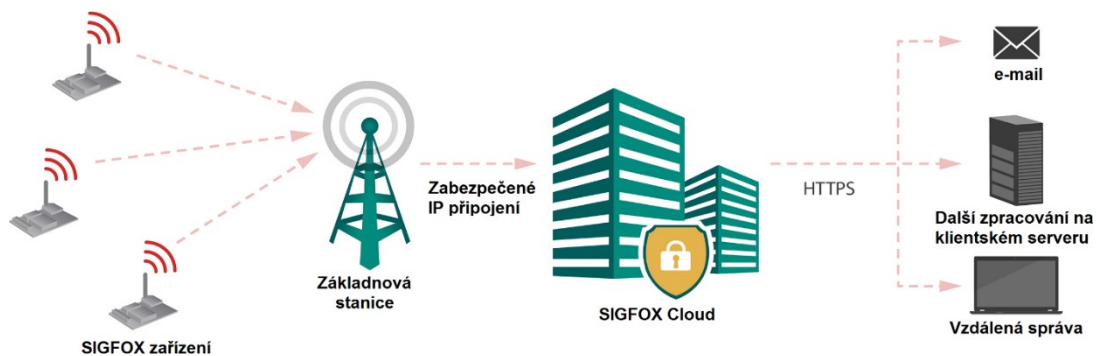
Společnost SimpleCell se stala prvním českým veřejným operátorem pro IoT. Společnost spolupracuje se společností T-Mobile, která je jedním ze tří největších hráčů mezi mobilními operátory v ČR. Společnost T-Mobile poskytuje svoji infrastrukturu pro umístění základových stanic sítě Sigfox.

Tato síť komunikuje v nelicencovaném pásmu o frekvenci 868 Mhz (využití v tomto nelicencovaném pásmu je zdarma, ale je nutné dodržet podmínky všeobecného oprávnění stanovené Českým telekomunikačním úřadem). Většina komunikace v bezdrátové síti Sigfox probíhá jednosměrně. Zařízení v síti Sigfox neobsahují ani SIM kartu, ani žádnou IP adresu, ale unikátní 32bitové Sigfox ID, které zařízení dostane při výrobě. Přenosová rychlost v této síti dosahuje 100 bit/s. Ta umožňuje zařízení v této síti přenést maximálně 144 vysílaných zpráv za den. Vysílací výkon těchto zařízení je 25 mW díky němu dosahuje výdrž baterie 5 až 15 let provozu.

Aktuální pokrytí sítě Sigfox na území ČR je 96 % populace a 94 % území.



Obr. 2 Pokrytí sítě Sigfox [4]



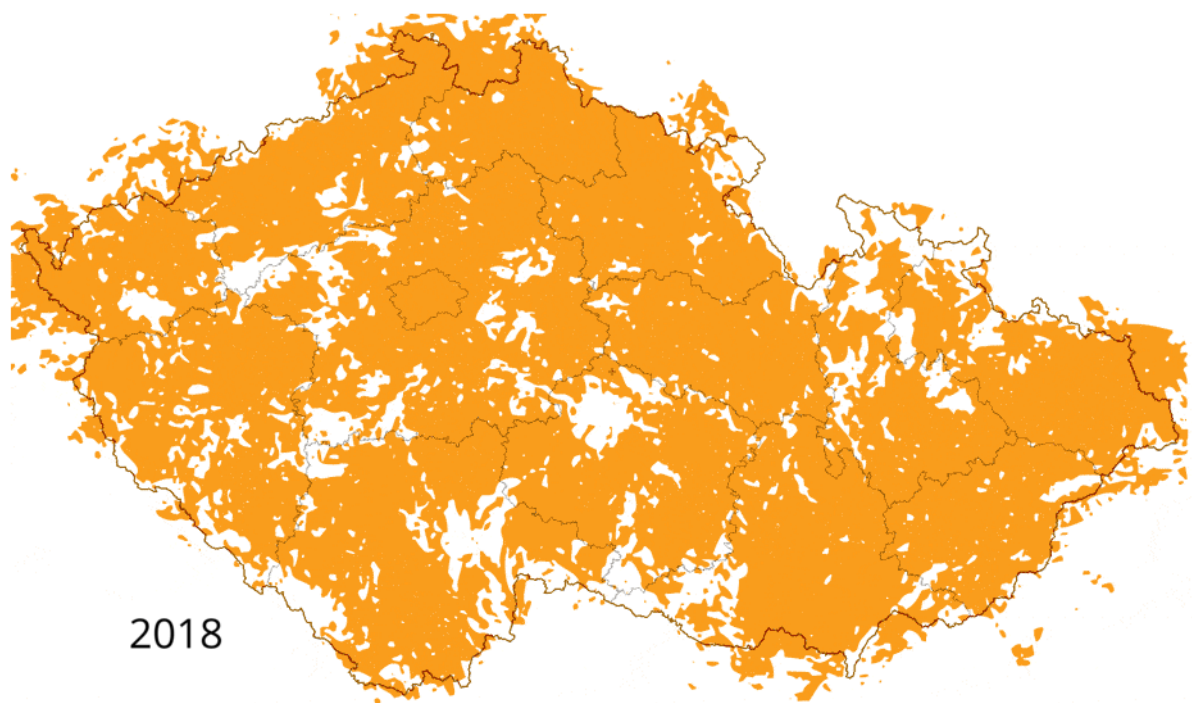
Obr. 3 Struktura sítě Sigfox [5]

### 1.1.2. LoRa

Technologii LoRa pro systém IoT, budují na území ČR České Radiokomunikace na své stávající infrastruktuře, kterou rozšíří o LoRa Gateway (Základové stanice). LoRa využívá obousměrnou komunikaci.

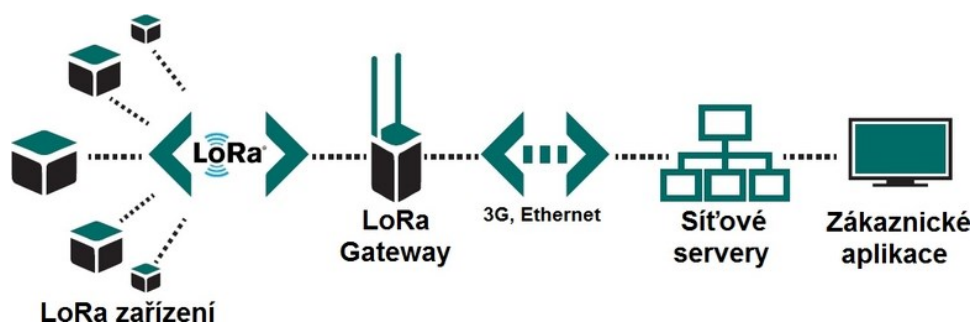
Tato bezdrátová síť komunikuje stejně jako síť Sigfox v nelicencovaném pásmu o frekvenci 868 Mhz. Zabezpečení této sítě se využívá komplexní šifrování pomocí 128bitové šifry. Přenosová rychlost této sítě je v rozmezí od 300 bit/s do 50 000 bit/s. Vyšší přenosové rychlosti této sítě umožňují častější komunikaci zařízení např. poloha GPS.

Pokrytí sítě LoRa v roce 2018 bylo podle mapy přes 85 % území ČR.



Obr. 4 Pokrytí sítě LoRa [6]

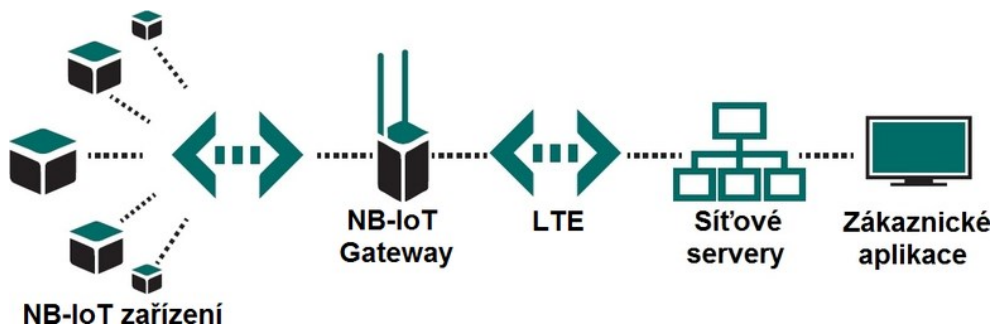




Obr. 5 Struktura sítě LoRa [7]

### 1.1.3. NB-IoT

Třetí technologii NB-IoT v ČR budují zbylí dva velcí hráči mezi mobilními operátory a to společnost Vodafone a O2. Tato síť má výhodu, že je možné ji spustit na stávající infrastruktuře, přes kterou operátoři poskytují LTE připojení. Jedná se pouze o softwarovou úpravu, při které na vysílacích stanicích vyhradí část LTE pásma pro síť NB-IoT. Oproti předchozím sítím Sigfox a LoRa není třeba budovat nové vysílače ale použít stávající infrastrukturu. Jelikož zařízení využívá LTE pásmo tak každé připojené zařízení do sítě NB-IoT potřebuje vlastní SIM kartu. Společnost Vodafone uvádí, že pokrývá 100% plochy venkovním signálem a 94% populace ČR.



Obr. 6 Struktura sítě NB-IoT [8]

### 1.1.4. Síť WAN

Další možností komunikace zařízení IoT je přes klasickou internetovou síť WAN. Tento typ sítě je také nazývaný jako internet. Síť WAN umožňuje komunikaci na velké vzdálenosti s velkými přenosovými rychlostmi. Princip komunikace IoT zařízení přes síť internet spočívá vtom, že centrální jednotka do které jsou zapojeny různé senzory, čidla a další podobné zařízení. Tato centrální jednotka je připojena buď pomocí LAN kabelu přes router do sítě internetu kde se dá s jednotkou vzdáleně přes síť internet komunikovat, nebo se centrální jednotka připojí pomocí bezdrátové sítě Wi-Fi do sítě internetu. Komunikace v sítích WAN probíhá pomocí kabelů, optických vláken nebo bezdrátových mikrovlnných spojů. Tento typ sítí v České republice budují tisíce firem od malých lokálních až po firmy pokrývající většinu území ČR.



## 2. Měření spotřeby energií

V poslední době se stále častěji setkáváme s požadavky na přesné měření spotřeb energií. Měří se spotřeba elektrické energie, spotřeba vody studené/teplé, spotřeba plynu nebo třeba také spotřeba tepla. Měření se provádí jak v průmyslovém využití pro optimalizaci provozních nákladů tak v domácnostech.

Současné měřiče spotřeby vody, tepla, elektřiny a plynu lze dělit do tří kategorií:

- Měřiče, které jsou určeny jen pro odečet hodnot člověkem.
- Měřiče vybavené vysílačem pro přenos měřených údajů do procesoru (např. impulsní, jeden impuls představuje určité množství měřeného média),
- Měřiče integrované do systému měření a koncentrace údajů, tudíž navržené tak, aby minimalizovaly náklady na výrobu a instalaci.

Pro snížení nákladů na odečet hodnot spotřeby je snaha při výměně měřidla instalovat měřidla podporující dálkový odečet spotřeby, aby bylo sníženo nákladů při odečtu. U stávajících měřidel musí osoba pověřená odečtem fyzicky obejít každé měřidlo a opsat hodnoty. Spousty měřidel jsou navíc umístěné v domácnostech tak je zapotřebí zpřístupnění měřidla. Dálkový odečet spotřeby nám umožní, že jsou data přímo odesílána do zařízení pro vyhodnocení spotřeby.

Ještě před několika lety bylo při odečtu spotřeby vody či tepla jediným řešením vpuštění cizí osoby do domácnosti. Toto řešení je však již zastaralé a nekomfortní, kladoucí zbytečné časové nároky na uživatele, při očekávání návštěvy odečítatele. Už dnes se proto při výměně měřidla instalují měřiče s funkcí rádiové komunikace, které umožňují provést odečet na dálku nebo sledovat spotřebu prakticky v reálném čase. Evropská legislativa počítá s tím, že do budoucna bude toto řešení běžným standardem. Odborníci také počítají s dalším rozvojem této technologie a jejím navázáním na takzvaný internet věcí.

Doby, kdy musel člověk při odečtu spotřeby vody či tepla otvírat cizím osobám, pomalu mizí. Čím dál populárnějším řešením je totiž používání indikátorů topných nákladů i měřičů spotřeby s funkcí rádiové komunikace. Tyto měřidla přinášejí pro uživatele větší komfort, protože odečet proběhne automaticky bez závislosti na zpřístupnění měřidla a uživatel se o něm ani nedozví. Vycházejí přitom z takzvaného Smart Meteringu – uceleného systému automatického sběru dat z měřičů spotřeby a jejich následného zpracování. Nejmodernější indikátory umožňují vysílat údaje o naměřených spotřebách k vybranému datu, v předem daných intervalech po celý rok a odečet tedy není vázaný na konkrétní datum odečtu.

Současným nejčastějším řešením v českém prostředí je takzvaný odečet pochůzkou, kdy pracovník provádí za pomoci modemu a terminálu odečet buď ve společných prostorách domu, nebo vně objektu. Systém je však možné doplnit i o takzvané uzly připojené k internetu. Data jsou v takovém případě sbírána průběžně a je možné je sledovat on-line. Díky tomu má uživatel své spotřební chování pod kontrolou, například i díky porovnání s předchozími obdobími. Může tak zavčas reagovat na různé výkyvy ve spotřebě a ve výsledku uspořit více než v případě, kdy je seznámen až s konečným ročním vyúčtováním.[9]

Uživatelé mohou data sledovat po přihlášení do portálu, ve kterém je navázán měřený objekt, ve kterém bydlí. Další možností je nastavení automatických zpráv formou emailu či SMS o výkyvech v naměřených hodnotách, které mohou využít i jako varování. V budoucnu se očekává vytvoření rádiových uzlů, které budou připojeny do sítě internetu a data se budou například přenášet v reálném čase na portál, kde uživatelé uvidí v reálném čase spotřebu energie.

Na modernizační trend v oblasti odečtů se snaží reagovat i evropská legislativa. Jak uvádí návrh novely směrnice o energetické účinnosti z roku 2016, od 1. ledna 2020 by měly být v tuzemsku instalovány pouze měřiče a indikátory, které umožňují dálkový odečet. U již instalovaných přístrojů, které toto neumožňují, by se pak funkce buď musela aktivovat, nebo by byly do 1. ledna 2027 nahrazeny odečitatelnými přístroji. Pokud tedy dojde ke schválení návrhu, zhruba za osm let tak již bude možné provést odečet pouze na dálku. „Postupně lze nejen u těchto zařízení počítat s možností připojení k systému takzvané chytré domácnosti, její chod tak bude v budoucnu energeticky výrazně úspornější než doposud. Funkcí pro dálkový odečet mohou být totiž vybaveny nejen indikátory topných nákladů, ale i vodoměry, měřiče tepla, plynoměry či elektroměry.

## **2.1. Systém Inogy**

Energetická skupina Innogy nabízí svým zákazníkům novou službu, pomocí které mohou sledovat aktuální spotřebu plynu, porovnávat ji s nastavenými zálohami a zamezit nepříjemným překvapením v souvislosti s ročním vyúčtováním energií. Služba Monitoring spotřeby za uživatele automaticky sleduje spotřebu plynu, načítá je do mobilní aplikace, porovná skutečnou spotřebu s již uhrazenými i do budoucna nastavenými zálohami a při hrozbě velkého nedoplatku nebo přeplatku doporučí změnu záloh. Zařízení funguje v bezdrátové síti Sigfox operátora SimpleCell, která pokrývá přes 90 % české populace. Princip služby spočívá v senzoru, který je instalovaný na plynoměr a mobilní aplikaci. Senzor denně odesílá data do aplikace, která porovnává získaná data o skutečné spotřebě. Životnost baterií v senzoru je díky využití technologie Sigfox v závislosti na umístění řádově deset let.

Zákazníkům inogy aplikace zobrazuje pomocí křivek v grafu spotřebu (m<sup>3</sup>) nebo náklady (Kč). inosvět vykresluje celkem tři křivky – pro minulé období (pokud má zákazník u inogy historii), aktuální naměřené údaje a odhad do konce fakturačního období. Pod grafem se zobrazuje informace o předpokládané výši nedoplatku nebo přeplatku.



Obr. 7 Dálkový odečet plynu Inogy [9]

Společnost Inogy začala s testováním smart měřením kolem roku 2012 v Německu. Společnost instaluje chytré plynoměry zákazníkům od roku 2014 v polské Varšavě a od roku 2015 testuje v ČR nasazení měřidel s dálkovými odečty přes LPWAN sítě LoRa a Sigfox. [9]

## 2.3. Snímače spotřeby energií v domácnostech

### 2.3.1. Elektrická energie

Spotřeba elektrické energie v domácnostech je měřena elektrickým přístrojem nazývaným elektroměr, který měří množství odebrané elektrické energie. Spotřeba elektrické energie se udává v kW·h.

Elektroměry lze rozdělit podle několika kritérií.

Podle principu měření:

- Elektromechanické
- Elektronické neboli statické

Podle počtu sledovaných fází:

- Jednofázové
- Třífázové

Podle použití

- Fakturační
- Podružné

Fakturační elektroměr je stanovené měřidlo, které prošlo ověřením v Českém metrologickém institutu a je opatřeno úřední značkou.

Podle možnosti komunikace:

- Bez komunikačního rozhraní
- S možností konfigurace a odečtů na dálku

Základními veličinami měřenými elektroměrem jsou efektivní hodnota napětí, efektivní hodnota proudu, činný výkon a jalový výkon. Hodnota proudu, která na ohmické zátěži odevzdá takový výkon jako stejně velký stejnosměrný proud, se nazývá efektivní hodnota proudu.

### 2.3.2. Studená a teplá užitková voda

K měření spotřeby vody se používá vodoměr. Vodoměr měří průtočný objem vody, který je udáván v m<sup>3</sup>. Nejčastěji používané jsou průtokoměry vrtulkové s mechanickým registrem. Výjimečně jsou tyto průtokoměry opatřeny vysílačem impulsů, které zajišťují vstup do elektrického systému. Nevýhodou je pohyblivé ústrojí, které je často ovlivněno nečistotami, jež obsahuje hlavně teplá užitková voda.

Podle umístění převodového soustrojí rozlišujeme dva typy vodoměrů:

- mokroběžné – číselníky plně zaplaveny vodou, dochází k přímému mechanickému přenosu z turbíny na číselník.
- suchoběžné – soustrojí umístěno mimo vodu; přenos otáčivého pohybu může být proveden mechanicky nebo magneticky s ochranou proti vnějšímu vlivu.

Měření pomocí elektronických principů se začíná používat i pro běžné bytové průtokoměry, především jsou-li součástí sběrného elektronického systému. A to díky klesajícím výrobním nákladům indukčních nebo také ultrazvukových průtokoměrů, které jsou zapříčiněny klesající cenou elektronických součástí a využití schopností řídicí jednotky s procesorem a to nejen pro obsluhu jednoho snímače. Nové, moderní průtokoměry používané pro teplou užitkovou vodu (TUV) již bývají vybaveny teploměrem, který případně rozlišoval kvalitu vody pro stanovení aktuální ceny podle skutečné teploty vody podle entalpie. To by bylo možné, jen pokud by to v budoucnosti připustila nová legislativa

### **2.3.3. Plyn**

Pro měření spotřeby plynu se používá plynoměr. Výsledek měření spotřeby plynu je vyjádřen v m<sup>3</sup>. Plynoměr bývá bílé barvy. Před plynoměrem se nachází přívod opatřený uzávěrem a plomba (vlevo), vpravo poté přívod do bytu či domu (žlutý). Všechny plynoměry však nejsou stejné a tak záleží hlavně na požadovaném odběru plynu, neboli na průtočném množství.

Pro domácnosti odebírající plyn, se používá nejčastěji membránový plynoměr. Plynoměr ve tvaru hranolu obsahuje dva měchy, které se střídavě plní a vyprazdňují a každé naplnění se projeví na číselníku umístěném na plynoměru. Plynoměry slouží k vyúčtování množství odebraného plynu v domácnostech. Plynoměry vlastní vždy plynárenská společnost, stejně jako přívod plynu před plynoměrem. Majitel je povinen podle přesně zadaných intervalů vyměnit a ocejkovat plynoměr.

### 3. Inteligentní elektroinstalace

Inteligentní elektroinstalace reaguje vlivem neustálého rozvoje techniky a zvyšováním uživatelských nároků na potřeby obyvatel s cílem zvýšení komfortu uživateli, integrovat jednotlivé technologie v domě, což vede také ke zvyšování úspor. Ovládání inteligentní elektroinstalace je možné v průběhu času překonfigurovat podle aktuálních požadavků zákazníka případně rozšířit o další možnosti. Pro ovládání domu je možné využívat aplikaci pro chytré telefony nebo tablety, což umožňuje další možnosti ovládání a řízení domácnosti jak z domova tak vzdáleně i mimo domov.

Jedním z cílů inteligentní elektroinstalace je zjednodušit ovládání celé domácnosti a snížit tím i celkové náklady na spotřebu energie. Inteligentní elektroinstalace nám umožňuje zkombinovat a zautomatizovat určité procesy. Například regulace tepla. Inteligentní dům umí automaticky regulovat natočení žaluzií a tím zajistí, že při přímém slunci proniká teplo přes okna do budovy a tím je možné v danou chvíli snížit teplotu vytápění a ušetřit úspory. Další možnost úspor s inteligentní elektroinstalací je možnost regulovat aktuální odběr elektrické energie. Jedna položka ceny elektrické energie je cena za rezervovaný příkon. Rezervovaný příkon je stanovený hodnotou hlavního jističe před elektroměrem. Čím větší rezervovaný příkon tím větší je jedna složka ceny za elektrickou energii. Když se inteligentní elektroinstalace nastaví tak, že při překročení dané hodnoty aktuální spotřeby elektrické energie elektroinstalace odpojí například elektrické vytápění v domě nebo ohřev teplé vody a při snížení aktuálního odběru elektrické energie zase vytápění nebo ohřev elektrické energie zase připojí k elektrické síti, je možné snížit hodnotu rezervovaného příkonu a tím snížit náklady na elektrickou energii. [10]

Výhody inteligentní elektroinstalace:

- jednodušší a méně nákladné změny či rozšíření
- schopnost vzájemné komunikace jednotlivých členů sítě
- decentralizovanost
- úspora energie
- úspora nákladů

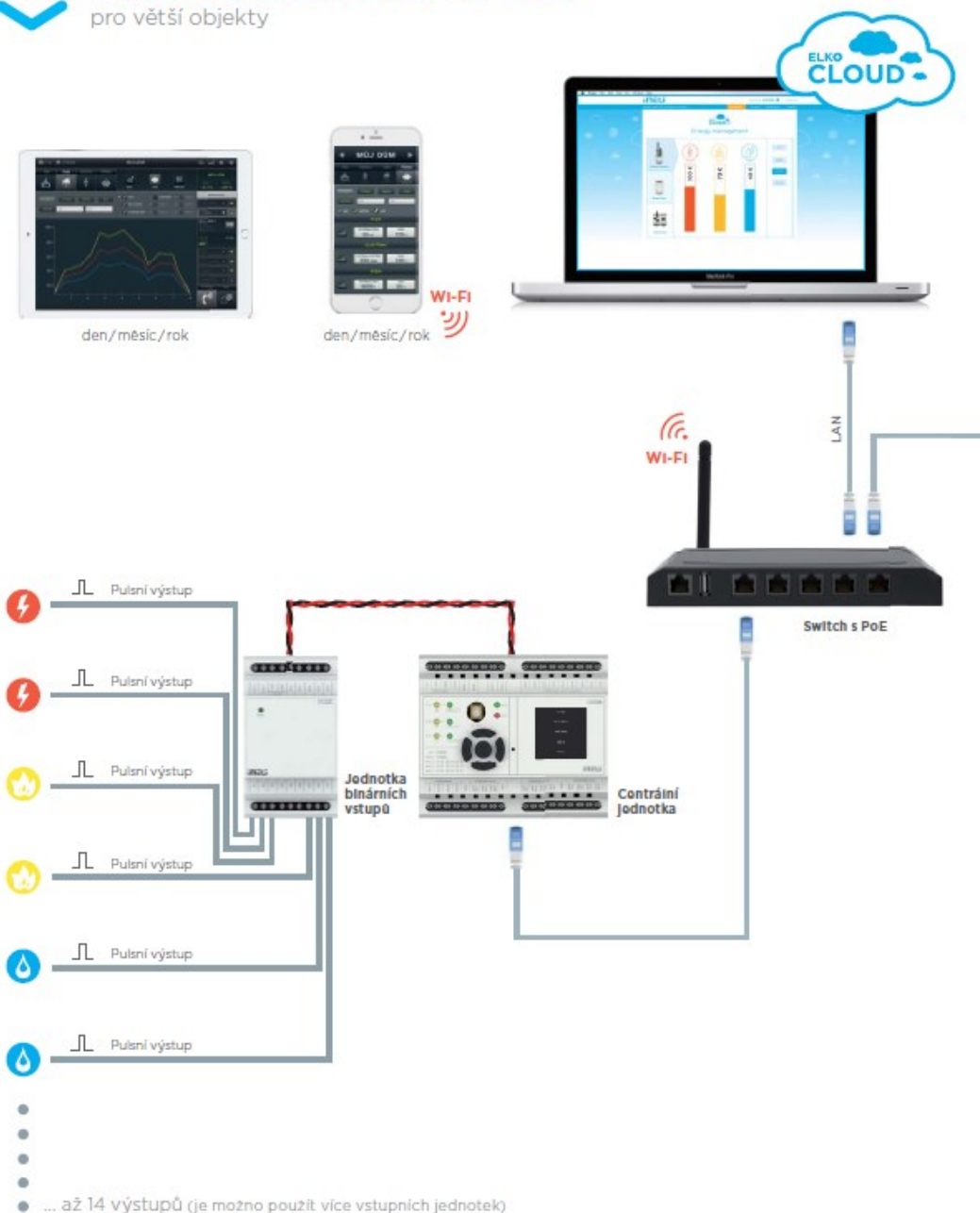
## 3.1. Výrobci přehled

### 3.1.1. Možnosti měření iNELS

Systém měření spotřeby energií od firmy iNELS nabízí 3 různé možnosti měření. Sběrníkové řešení (iNELS BUS) sloužící pro větší objekty, bezdrátové řešení (iNELS Control) sloužící pro stávající byty a domy a bezdrátové řešení (iNELS Air – Platforma pro IoT) sloužící pro stávající byty a domy.

Sběrníkové řešení je vhodné pro rozsáhlé budovy, komerční nebo bytové domy s větším počtem měřidel. Připojená měřidla musí být vybavena impulsními výstupy a k jedné centrální jednotce může být připojeno až 140 měřidel. Impulsní výstup je připojen do jednotky vstupů IM3-140M, která umožňuje připojit až 14 těchto impulsních výstupů. K jedné centrální jednotce CU3-03M je možné připojit až 10 jednotek vstupů IM3-140M. Centrální jednotka je pomocí LAN připojena ke Connection serveru, který naměřené údaje převádí na hodnoty spotřeby a poskytuje tyto data zobrazit v aplikacích na telefon, tablet a PC). Nevýhoda tohoto řešení je že každé sledované zařízení musí obsahovat impulsní výstup a je nutné od každého měřidla vést kabel až k jednotce impulsů. Měřidla s impulsním výstupem jsou cenově nákladnější, proto jsou instalovány až s potřebou impulsního výstupu pro snímání a vyhodnocování spotřeby. Výhoda sběrníkového systému je, že k činnosti potřebuje centrální jednotku CU3-03M a je možné nastavit různé možnosti úspor. Například při překročení aktuálního odběru elektrické energie odpojí elektrické vytápění domu, nebo sníží jeho výkon a po poklesu aktuálního odběru pustí vytápění na potřebné maximum. Tímto způsobem regulace aktuálního odběru elektrické energie je možné snížit cenu za elektrickou energii snížením instalovaného příkonu do objektu a tím platit méně za elektrickou energii. [11]

## Sběrníkové řešení (iNELS BUS) pro větší objekty

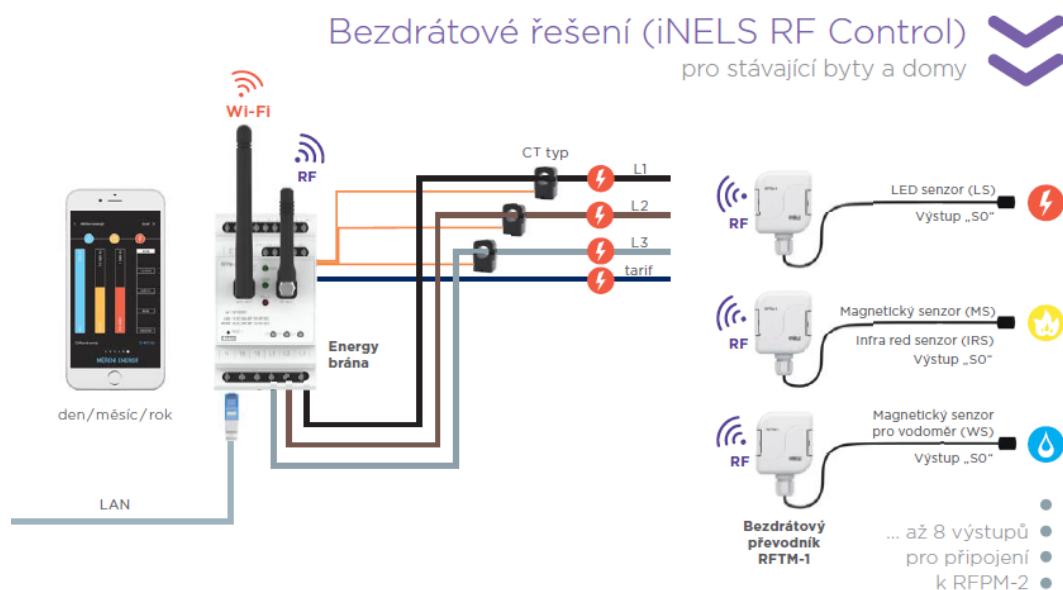


Obr. 8 Sběrníkové řešení iNELS BUS [11]

Bezdrátové řešení iNELS RF Control je na rozdíl od sběrníkového systému vhodné i pro stávající objekty, ve kterých jsou již měřidla instalována. Bezdrátové řešení umožňuje nasnímat měřené hodnoty bez zásahu do měřidel a přenést data do měřicí energybrány RFPM-2M pro zpracování a vyhodnocení spotřeby. Snímání z měřidel fungují na principu snímání pulzů, blikání LED, otočení ciferníku nebo jednotkového kolečka. Na měřidla jsou připojena různá senzory LED senzor, magnetický senzor nebo infra red senzor. Tyto čidla jsou připojené do bezdrátového převodníků pulzů RFTM-1, který umožňuje bezdrátově přenést data do vzdálenosti až 100 metrů ve volném prostoru do energy brány pro následné zpracování a vyhodnocení. Energy brána



poskytuje informace pro vizualizaci v aplikaci telefonu, tabletu nebo PC prostřednictvím připojení LAN/WiFi sítě. Výhoda tohoto řešení je že není nutné v objektu tahat nové kabelové rozvody pro snímání dat z měřidel, ale vše funguje bezdrátově a dají se využít stávající instalované měřidla. Další výhoda je že tento způsob neobsahuje centrální jednotku CU3-03M která je nejnákladnější na celém systému iNELS a tím i ušetření pořizovacích nákladů. Nevýhoda tohoto řešení je že není přímo připojená s centrální jednotkou CU3-03M a není možné naprogramovat různé akce při překročení aktuálního odběru elektrické energie apod.

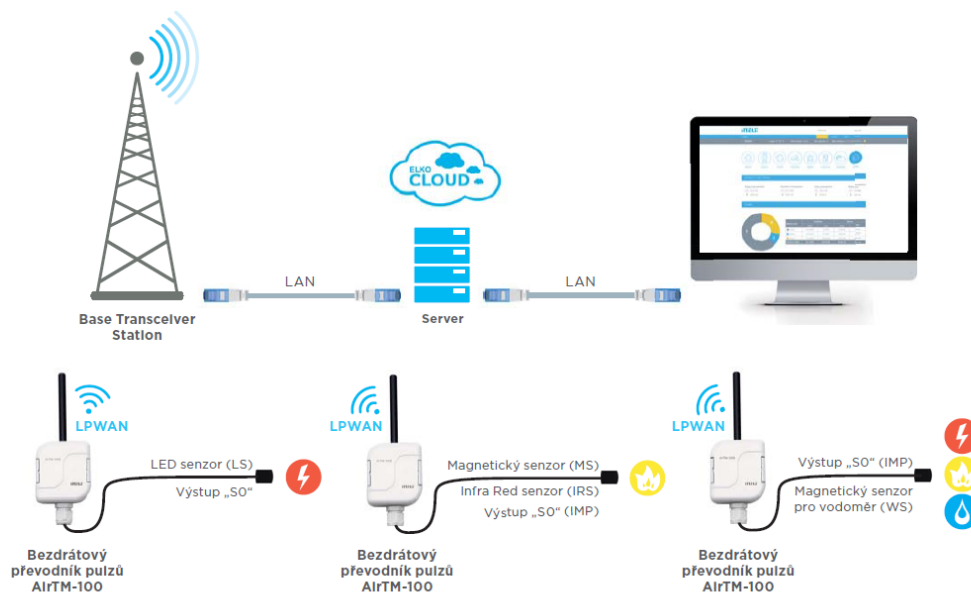


Obr. 9 Bezdrátové řešení iNELS RF Control [11]

Bezdrátové řešení iNELS Air – Platforma pro IoT je na rozdíl od sběrnice systému vhodné i pro stávající objekty, ve kterých jsou již měřidla instalována. Řešení iNELS Air využívá speciální platformu pro systém IoT, která využívá speciálně navržené sítě pro přenos malého objemu dat s nízkou spotřebou energie na velké vzdálenosti. iNELS systém umožňuje využívat sítě Sigfox, LoRa a NarrowBand. Snímání z měřidel fungují na principu snímání pulzů, blikání LED, otočení ciferníku nebo jednotkového kolečka. Na měřidla jsou připojená různá senzory LED senzor, magnetický senzor nebo infra red senzor. Tyto čidla jsou připojené do převodníku pulzů AirTM-100S, AirTM-100L nebo AirTM-100Nb, které převádí nasnímaná data přes chytré sítě Sigfox, LoRa a NarrowBand na server ke zpracování. Vyhodnocená data jsou poté zobrazena v Cloudu.

## Bezdrátové řešení (iNELS Air - Platforma pro IoT)

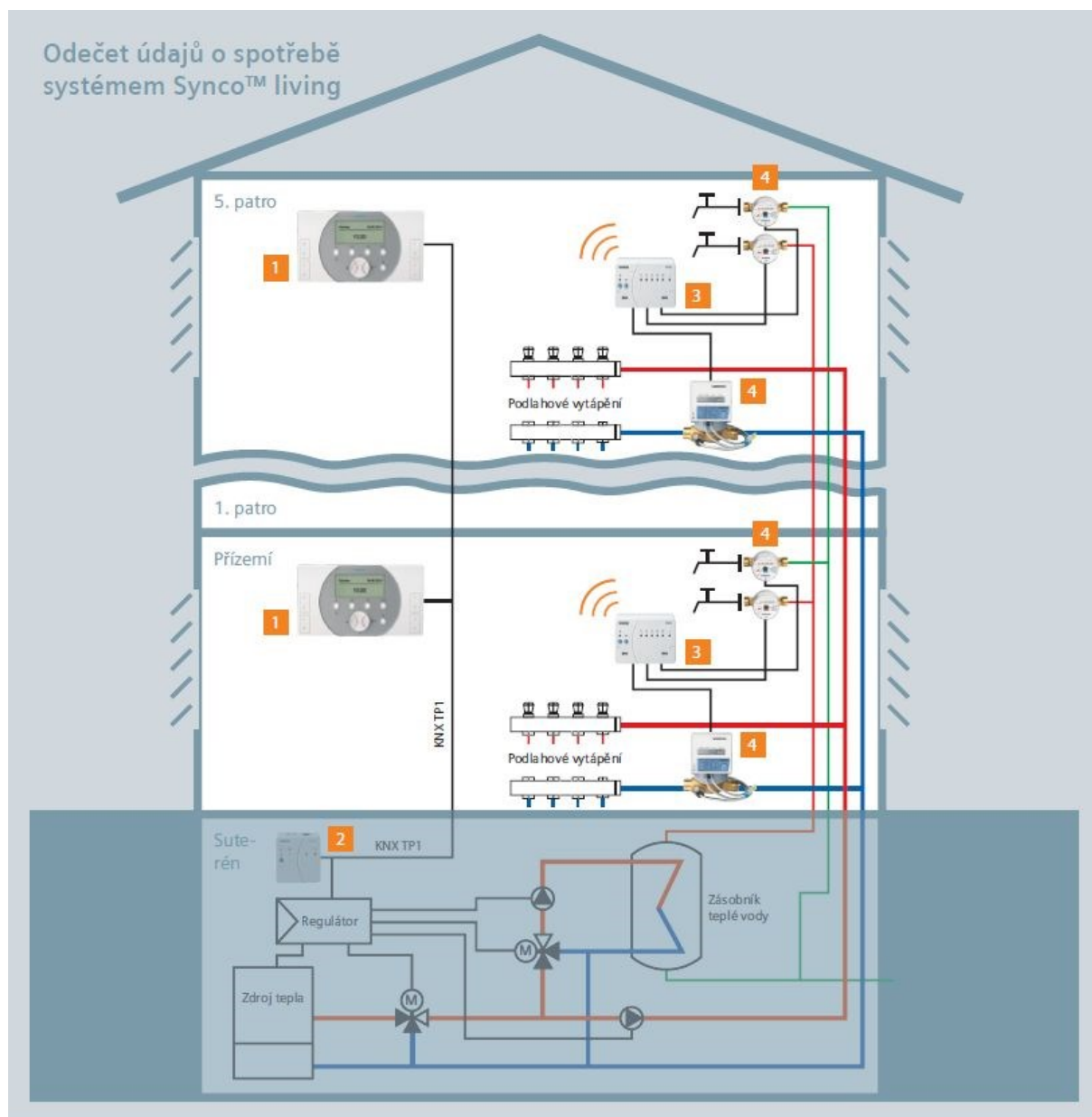
pro stávající byty a domy



Obr. 10 Bezdrátové řešení iNELS Air - Platforma pro IoT [11]

### 3.1.2. Siemens Synco living

Systém od společnosti Siemens nabízí jednoduché měření spotřeby tepla, vody, elektrické energie a plynu. Měření podporují nové centrální jednotky QAX903 a QA913. Tyto jednotky jsou vybaveny funkcemi pro sběr dat o spotřebě tepla, vody, elektrické energie a plynu. Jednotka dokáže zobrazit přímo přehled spotřeby nebo je možné se k přehledu dostat přes internet. Údaje o spotřebě jsou pravidelně odesílané e-mailem a mohou být kdykoliv načteny přes webový server. Tento systém umožňuje snímat data z měřidel pomocí připojení impulsního výstupu na měřidlo nebo pomocí M-Bus komunikace s měřidlem. Výstup z měřidla je připojený do modulu pro připojení měřičů WRI982, který přenáší bezdrátově naměřené hodnoty z měřičů do centrální jednotky Synco living. [12]



QAX903/QAX913 centrální jednotky		WRI982 modul pro připojení měřičů	
1	Obě centrální jednotky detailně zobrazují údaje o spotřebě energií a řídí všechny funkce vytápění, ventilace a klimatizace až pro 12 místností. QAX913 nabízí další funkce: řízení osvětlení, rolet a žaluzií, bezpečnostní a monitorovací funkce.	3	Modul bezdrátově odesílá naměřené hodnoty z připojených měřičů do centrální jednotky Synco™ living.
OZW772 Web server		Měřiče	
2	Web server připojuje systém automatizace domácnosti Synco™ living k internetu, umožňuje dálkové ovládání přes webové rozhraní a odesílá údaje o spotřebě e-mailem.	4	Do systému může být připojen široký výběr měřičů spotřeby tepla, chladu, teplé a studené vody, elektrické energie a plynu s M-Bus komunikací nebo impulzním výstupem.

Obr. 11 Odečet údajů o spotřebě systémem Siemens Synco living [12]

### 3.1.3. Foxconn

Společnost Foxconn 4Tech nabízí pokročilé řešení pro měření, optimalizaci a řízení energií založené na analýze spotřeby ve výrobě nebo v komerčních budovách s využitím vlastností IoT zařízení. V rámci jednoho systému získáte přehled o spotřebě elektrické energie, vody a plynu a též možnost měření dalších parametrů prostředí, jako je teplota, vlhkost, úroveň CO2 a dalších. Řešení nabízí monitoring spotřeby elektřiny, vody a plynu v reálném čase na úrovni továrny, linky, stroj a výrobku / budovy, patra, místnosti. Řízení spotřeby tak aby byli dodržovány nasmlouvané maxima elektrické energie. Naměřené hodnoty jsou odesílány pomocí IoT sítě do cloudu kde je možné data analyzovat, nebo je možné systém pro sběr dat instalovat přímo u zákazníka pro spojení s výrobními a jinými informačními systémy typu MES/ERP. Celý systém je vysoce modulární a jednoduchý na instalaci, nevyžaduje zásah do stávajících infrastruktury. Jednotlivé prvky pracují bezdrátově a bezpečně mimo lokální síť Wi-Fi či LAN. Měřicí přístroje pracují v síti LPWAN síť LoRa. Díky otevřenému propojení do výkonného továrního systému jsou data o spotřebě integrována s informacemi o pracovním vytížení strojů.



Obr. 12 Měřicí modul společnosti Foxconn [12]

Řešení pro měření a optimalizaci spotřeby energií bylo nasazeno ve společnosti Foxconn CZ v Pardubicích. Ve výrobním závodě specializujícím se na výrobu kovových a plastových dílů je připojeno 60 různých strojů, jako jsou lisy, laserové řezačky, nebo ohýbací a ohraňovací stroje. Od září 2017, kdy je řešení v provozu, bylo nasbíráno již více než 1,5 miliardy měření a díky pokročilé prediktivní datové analýze bylo dosaženo 12 % úspory ve spotřebě elektrické energie. [12]

### 3.1.4. Online technology

Společnost Online technology je ryze česká firma sídlící v Opavě, která vyrábí zařízení SDS (Síťový dohledový systém). Úplně původně bylo zařízení SDS určeno a nabízeno pro ISP (poskytovatele připojení k internetu), kde fungovalo jako dohledový moduly pro POPy (Point of Presence – koncové přístupové body). Díky své absolutní univerzálnosti a programovatelnosti se SDS rozšířilo do všech možných jiných oblastí převážně online dálkové měření spotřeby, automatizace a dohledy datových center. Tato společnost už zařízení SDS nabízí na trhu přes 10 let což je daleko dříve, než vůbec vznikl pojem IoT. Zařízení SDS svým principem už od začátku spadá do systému IoT. S vývojem systému IoT a budováním speciálních komunikačních sítí pro systém IoT byli i zařízení SDS rozšířeny o nabídku modulů obsahující komunikaci v sítích LoRa.



Obr. 13 Zařízení SDS BIG64 LORAWAN [13]

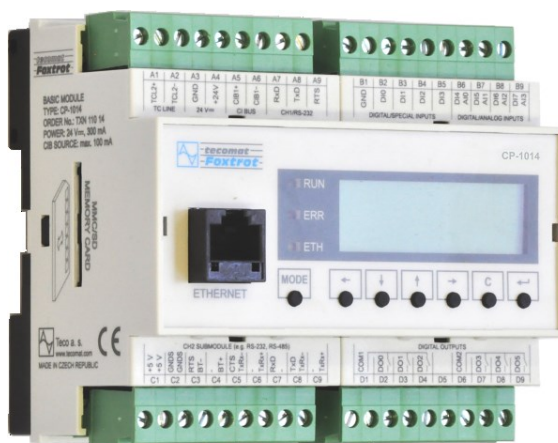
Každé zařízení SDS má 100Mbit/s připojení do lokální sítě LAN, a mají k dispozici webové rozhraní. Zařízení SDS umožňuje měření napětí, teploty, vlhkosti, dále zařízení umí připojení impulsních výstupů pro měření spotřeby elektrické energie, vody a plynu. Mezi další funkce zařízení SDS patří PWM výstupem IP watchdog nebo dálkově řízené relé nebo připojení externích relé pro dálkové spínání zařízení. Společnost Online technology nabízí bezplatně přístup do Cloudu pro stahování a uchovávání dat ze zařízení pro vyhodnocení průběhů napětí teplot nebo měření energií. Pro zařízení SDS je možné si vytvořit svůj vlastní SDS-C program, který umožní dodatečně naprogramovat zřízení SDS a vytvořit různé vazby například při překročení určitého napětí sepnout připojené relé, nebo sepnutí topných kabelů při určité teplotě apod. Výrobce nabízí dva druhy zařízení SDS. Jeden typ je jako hotový výrobek zabudovaný do krabičky s možným umístěním na DIN lištu a připojení k zařízení externích čidel měřidel apod.. Jako druhou možnost nabízí výrobce čistě osazenou desku plošných spojů pro zabudování do vlastního zařízení pro menší rozměry a tím lepší umístění ve vlastním zařízení. [14]



Obr. 14 Zařízení SDS MICRO LIGHT E [15]

### 3.1.5. Teco

Společnost Teco je český výrobce průmyslových řídicích systémů kategorie PLC, které jsou vyvíjeny, vyráběny a testovány podle mezinárodních standardů. Společnost nabízí PLC zařízení Tecomat Foxtrot. Tecomat Foxtrot - osvědčený kompaktní modulární řídicí a regulační systém pro malé a střední aplikace s montáží do rozvaděčů a rozvodnic na DIN lištu. Díky výkonné procesorové jednotce s bohatými komunikačními schopnostmi, promyšlenému systému vstupně/ výstupních periférií či originálnímu propojení se světem inteligentních elektroinstalací může být Tecomat Foxtrot právem označován za řídicí systém "nové generace". PLC lze aplikovat pro technické řízení budov, Řízení průmyslových procesů a ve strojírenství. V aplikaci měření spotřeby energií společnost nabízí pouze PLC, které je možné naprogramovat pro měření spotřeby energií, ale nenabízí žádné ucelené řešení pro připojení měřidel nebo vlastní snímací čidla. [16]



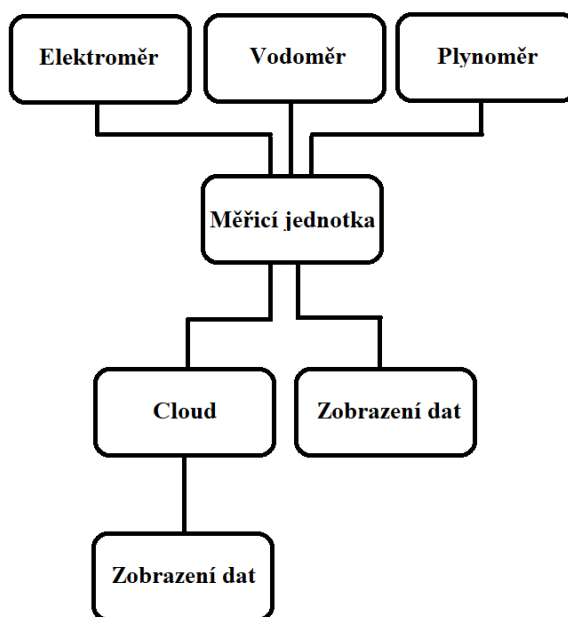
Obr. 15 PLC Tecomat Foxtrot [17]



## 4. Návrh hardwaru

Bezdrátové řešení iNELS Air (Platforma pro IoT), je novinka v produktovém portfoliu firmy iNELS a výrobce aktuálně nemá řešení iNELS Air dostupné skladem. Podle informací společnosti ELKO EP s.r.o. budou produkty iNELS Air pro měření spotřeby energií skladem v druhém čtvrtletí roku 2019. Jedná se o univerzální senzor, který dokáže snímat teplotu, výšku hladiny vody, průchod napětí nebo proudu, měření baterie, měření energií z domácích měřidel a další a naměřené data poté posílá přes IoT síť Sigfox, LoRa nebo NB-IoT do cloudu. Na laboratorním panelu se bude nacházet podobné řešení od firmy iNELS, které sice nevyužívá k přenosu dat bezdrátové IoT síť, ale jedná se o řešení, kde bezdrátový převodník snímaných veličin neodesílá data do Cloudu ale uchovává je ve vlastní Energy bráně která je připojena do sítě internetu a tím se dá k měřeným datům odkudkoliv z internetové sítě dostat. Tento panel půjde v budoucnu jednoduše doplnit o verzi iNELS Air.

Pro porovnání dvou řešení od dvou různých výrobců bude na laboratorním panelu pro měření spotřeby. Jako další řešení bude použit SDS modul od firmy Online technology. SDS řešení umožňuje připojit až 3 impulsní výstupy z měřidel. Nevýhodou řešení SDS oproti řešení od firmy iNELS je že impulsní výstupy standardně měřidla neobsahují a je potřeba měřidla nahradit za měřidla obsahující impulsní výstup pro připojení k zařízení SDS. Na panelu tak bude možné porovnat dvě různá řešení a vyhodnotit plusy a mínusy.



Obr. 15 Blokové schéma měření

## 4.1. Použité přístroje iNELS

Základní moduly pro panel měření spotřeby energií iNELS

- |                           |         |
|---------------------------|---------|
| 1. Energy brána           | RFPM-2M |
| 2. Bezdrátový převodník   | RFTM-1  |
| 3. Proudový transformátor | CT50    |
| 4. Led senzor             | LS      |
| 5. Magnetický senzor      | WS      |
| 6. Magnetický senzor      | MS      |

### Energy brána RFPM-2M

Zařízení pro vyhodnocení spotřeby energie (elektřina, voda, plyn) je energy brána RFPM-2M. Brána je prostředníkem mezi převodníkem pulzů RFTM-1 a chytrým telefonem nebo PC. Do datové sítě může být připojena pomocí LAN ethernetového konektoru nebo prostřednictvím Wi-Fi bezdrátové sítě. Data z měření spotřeby jsou ukládána na vnitřní paměťové úložiště zařízení. Brána umí až 4 tarifové měření spotřeby elektrické energie, také je možno připojit až tři proudové transformátory CT50 pro měření elektřiny. Lze přímo připojit do sběrnice systému pomocí integrovaných svorek. Zařízení se napájí pomocí připojených monitorovaných fází. Dosah až 100 m (na volném prostranství), v případě nedostatečného signálu mezi ovladačem a prvkem je třeba použít opakovací signálu RFRP-20 [18]



Obr. 16 Energy brána RFPM-2M [18]

### Bezdrátový převodník pulzů

Bezdrátový převodník pulzů detekuje domácí měřidla energií (elektřinu, vodu, plyn) pomocí připojených senzorů a posílá je do bezdrátové jednotky RFPM-2M. RFTM-1 převádí spotřebu z měřidel pomocí senzorů - LS (LED senzor), MS (Magnetický senzor), WS (Magnetický senzor pro vodoměr), IRS (IR senzor) nebo impulzním výstupem („S0“). Sensory neovlivňují měřič spotřeby a nemají vliv na měření sledované veličiny. Pro každé měřidlo spotřeby je nutné mít jeden převodník pulzů RFTM-1. Převodník má zvýšené krytí IP65 a je vhodný pro montáž do stoupaček, rozvaděčů a jiných náročných prostředí. Bateriové napájení (1.5V/ 2x AAA – součást balení) s průměrnou životností cca 2 roky (dle druhu snímání, četnosti



vysílání a impulzů. Dosah až 100 m (na volném prostranství), v případě nedostatečného signálu mezi ovladačem a prvkem je třeba použít opakovač signálu RFRP-20. [19].



Obr. 17 Bezdrátový převodník pulzů [19]

### **Proudový transformátor CT50**

Proudový transformátor má otevírací mechanismus pro vložení na měřicí kabel. Toto konstrukční provedení umožňuje proudový transformátor umístit na stávající vodič měřeného okruhu, nejčastěji na hlavní přívod u elektroměru. Může měřit proud do 50 A, převodní poměr transformátoru je 3000:1 (50 A / 16,66 mA) a přesnost transformátoru je 1 %. [20].



Obr. 18 Proudový transformátor CT50 [20]

### **LED Senzor - LS**

LED senzor snímá impulzy LED diody na měřidle, který blikáním indikuje spotřebu energie. Led senzor je vhodný pro elektroměry, které disponují LED diodou označenou „imp“. Senzor se připojuje do bezdrátového převodníku pulzů RFTM-1 [21]



Obr. 19 LED Senzor - LS [21]

### **Magnetický senzor WS**

Magnetický senzor snímá pulz, který vytvoří každým otočením magnet umístěný na jednotkovém ciferníku vodoměru. WS senzor je vhodný pro vodoměry podporující magnetické snímání. Senzor se připojuje do bezdrátového převodníku pulzů RFTM-1 [22]



Obr. 20 Magnetický senzor WS [22]

### **Magnetický senzor MS**

Magnetický senzor snímá pulz, který vytvoří každým otočením magnet umístěný na jednotkovém ciferníku. MS senzor je vhodný pro plynoměry podporující magnetické snímání. Senzor se připojuje do bezdrátového převodníku pulsů RFTM-1 [23]



Obr. 21 Magnetický senzor MS [23]

## 4.2. Zařízení SDS

### SDS MICRO DIN E

Zařízení SDS se vyrábí ve dvou variantách. Jedna verze je v plastovém boxu, který lze upevnit na DIN lištu v rozvaděči. Druhá verze obsahuje přímo osazenou desku plošných spojů pro umístění ve vlastním řešení. Na laboratorním panelu bude umístěna verze v plastovém boxu pro umístění na DIN lištu.

Modul SDS MICRO DIN E nabízí jednoduché zapojení a přístup k jednotlivým funkcím přes webové rozhraní, které je již v modulu nahráno. Typ „E“ nabízí také více variant využití tohoto výrobku.

Modul využívá řadu komunikačních protokolů pro vyčítání informací (web, xml, txt, SNMP atd.) Do modulu je možné také nahrát vlastní SDS-C program pro řízení a ovládání různých funkcí. Lze si také vytvořit si vlastní HTML stránky pro vyčítání informací. Navíc jsou pravidelně vydávány nové verze firmware s novými funkcemi, a tento nový firmware je od výrobce k dispozici vždy zdarma a bez omezení. Modul je dodáván jako zkompleťovaný výrobek, v krabičce z ABS materiálu, k montáži na DIN lištu. Pro připojení vodičů jsou k dispozici ARK svorky.

K dispozici jsou tři optické vstupy pro měření odběru elektrické energie, vody a plynu, webový teploměr, analogové vstupy pro měření napětí a sledování vlhkosti vzduchu. Na svorky je vyveden PWM a digitální výstup. Napájení 10-30V AC/DC. Modul pro komunikaci obsahuje 100Mbit/s ethernetový port. [24]



Obr. 22 SDS MICRO DIN E [24]

## 5. Návrh laboratorního modelu

### 5.1. Návrh zařízení

Na laboratorním modelu měření energií bude instalován systém iNELS s energy bránou RFPM-2M. Tento systém umí měřit spotřebu elektrické energie, spotřebu vody a spotřebu plynu. Laboratorní model bude tedy umožňovat snímat data o spotřebě elektrické energie, vody a plynu a dále je vyhodnocovat. Elektrická energie, voda a plyn jsou nejpoužívanější média v domácnostech, proto je dobré sledovat a vyhodnocovat jejich spotřebu, pro možné úspory.

Obvod pro měření spotřeby vody bude realizován uzavřenou smyčkou z PVC trubek, kde bude jedna odbočka s uzavíratelným ventilem pro naplnění systému kapalinou pro správnou funkci systému. Otvor pro plnění kapalinou bude uzavřen šroubovatelnou zápletkou pro zabránění úniku kapaliny při spuštění systému s otevřeným ventilem. Cirkulaci vody v okruhu bude zajišťovat oběhové čerpadlo [obr.23], co se používá pro cirkulaci teplé vody v solárním ohřevu vody. Čerpadlo se bude nacházet pod panelem pro měření spotřeby. Spínání čerpadla bude realizované přes obyčejný vypínač, který bude umístěn na panelu společně s vypínačem pro ovládání kompresoru.

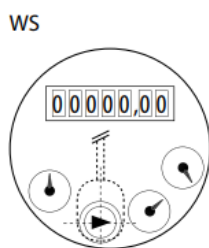


Obr. 23 Oběhové čerpadlo [25]

Čerpadlo pomocí cirkulace vody v uzavřeném systému PVC trubek rozpožhybuje připojený vodoměr [obr.24], pro simulování spotřeby vody. Vodoměr disponuje impulsním výstupem pro snímání dat

Data z vodoměru je možné systémem iNELS snímat dvěma způsoby. První možnost odečtu spotřeby vody, která je možná i pro použití u většiny současných vodoměrů je přiložení magnetického senzoru k otáčkoměru vodoměru. Tento magnetický senzor snímá každé otočení ručičky a po nastavení impulsního koeficientu  $\text{imp/m}^3$  a tímto nám zpracuje skutečná data z vodoměru do elektronické podoby pro vyhodnocení spotřeby. Druhá možnost je pořízení vodoměru přímo s impulsním výstupem. Tyto vodoměry jsou nákladnější a standardně nebývají součástí domácností kvůli zvýšeným investičním nákladům. Vodoměr má přímo výstup na připojení kabelu a není třeba přikládat čidlo pro snímání. Na laboratorním modelu pro měření spotřeby se bude nacházet vodoměr s impulsním výstupem a bude obsahovat obě dvě možnosti odečtu spotřeby z vodoměru pro vzájemné zhodnocení obou možností. Vodoměr se bude nacházet na čelní straně panelu pro měření spotřeby. Na vodoměru bude přilepené snímací magnetické čidlo pro odečet z ciferníku a připojený kabel k impulsnímu výstupu. Konce kabelů

budou připevněné na svorky panelu, kde bude možné kombinovat různé zapojené snímače pro porovnání více možností měření, vyhodnocení jiných řešení apod.



Obr. 25 Umístění Magnetického senzoru na vodoměr [27]



Obr. 24 Vodoměr [26]

Obvod pro měření spotřeby plynu, bude realizovaný uzavřenou smyčkou z PVC hadic. Cirkulaci vzduchu bude zajišťovat malý kompresor [obr.26], který slouží pro nafukování nafukovacích matrací apod.. Kompresor se bude nacházet pod panelem pro měření spotřeby energií vedle vodoměru. Ovládání kompresoru bude umístěné na panelu měření spotřeby energií vedle ovládání vodního čerpadla.

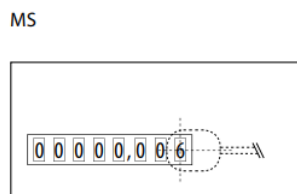


Obr. 26 Kompresor [28]

Kompresor pomocí cirkulace vzduchu v uzavřeném okruhu z PVC trubek rozpohybuje připojený plynoměr BK-G4 [obr.27]. Tento plynoměr je také vhodný pro měření vzduchu, takže by měl



Obr. 26 Plynoměr



Obr. 27 Umístění magnetického senzoru na plynoměr [27]

tento vzduchový okruh simulovat spotřebu plynu. Většina plynoměrů nabízených pro potřeby domácností nemají impulsní výstup pro snímání spotřeby plynu. Tento výstup mají v sobě zabudovaný až velké průmyslové plynoměry stojící v řádech desítek tisíc korun českých.

Systém iNELS umožňuje přilepit k plynoměru magnetický senzor a tím snímat otočení ciferníku a při nastavení poměrů  $\text{imp}/\text{m}^3$  snímá skutečnou spotřebu plynu.

K plynoměru je možno dokoupit snímač impulzů pro membránové plynoměry. Snímač se přímo připevní pomocí plombované zástrčky na plynoměru. Snímač snímá otáčení magnetu v plynoměru upevněného na ciferníku ukazující spotřebovaný objem plynu a převádí otáčky magnetu na impulsy do impulsního výstupu. Pro porovnání dvou řešení bude panel obsahovat i snímač impulzů pro připojení do zařízení SDS.



Obr. 28 Čidlo na plynoměr IN-Z61 [30]

Plynoměr bude umístěný na přední straně panelu pro měření spotřeby energií. Na Plynoměru bude přilepené magnetické čidlo od firmy iNELS pro snímání spotřeby a druhý konec čidla bude připojen na svorky umístěné na panelu pro propojení do bezdrátového převodníku impulsů. Na plynoměru bude zároveň umístěný snímač impulzů a konce ze snímače budou vyvedeny na panel pro propojení se zařízením SDS.

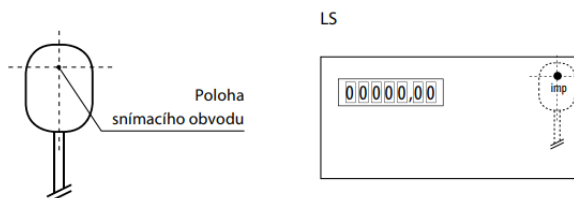
Měření spotřeby elektrické energie bude měřit celkový odběr laboratorního panelu. Systém pro měření spotřeby elektrické energie od firmy iNELS umožňuje měřit spotřebu elektrické energie až třemi různými způsoby. První způsob je připojení měřících fází přímo do energy brány kde měří velikost napětí jednotlivých fází a připojením měřících proudových transformátorů snímá protékající proud přívodními vodiči a z těchto veličin dopočítá spotřebovanou elektrickou energii. Další možnost je připojení snímacího senzoru impulsů led diody na elektroměr, kde po nastavení převodu  $\text{imp}/\text{kW}\cdot\text{h}$  snímá data z elektroměru. Jako třetí možnost je připojení impulsního výstupu z elektroměru přímo do energy brány. Na laboratorním modelu se budou nacházet všechny tři možnosti, které systém iNELS umožňuje. Na panelu bude připevněný kus odizolovaného přívodního kabelu. Jednotlivé žíly kabelu budou izolované, jen vnější plášť kabelu bude odizolován tak aby e na jednotlivé žíly dal nasadit měřící transformátor proudu. Na laboratorním modelu se bude nacházet zapuštěná DIN lišta, na které bude umístěná energy brána a vedle ní bude na liště umístěn podružný elektroměr, který disponuje LED diodou pro připojení LED senzoru a také disponuje impulsním výstupem pro přímé připojení do energy brány.

LED senzor bude přilepený na led diodě a druhý konec kabelu bude přivedený na svorky

zabudované v panelu pro různé kombinace zapojení. Stejně bude zapojen i impulsní výstup z elektroměru, že na konci kabelu bude připevněn k zabudovaným svorkám na laboratorním modelu.



Obr. 29 Podružný jednofázový elektroměr [31]



Obr. 30 Umístění LED senzoru na elektroměru [27]

Snímací senzory od firmy iNELS je možné připojit k energy bráně pouze přes bezdrátový převodník pulzů RFPM-2M. Na laboratorním modelu měření spotřeby budou umístěny 3 tyto bezdrátové převodníky impulsů pro připojení všech tří čidel od firmy iNELS. Konec kabelu vedoucího z bezdrátového převodníku impulsů bude zakončený na svorkách zabudovaných v panelu pro různé kombinace zapojení.

Pro komunikaci zařízení iNELS a SDS bude na panelu umístěn Wi-Fi router pro propojení obou zařízení do sítě internetu a zároveň pro spojení s počítačem umístěným na panelu pro konfiguraci a přístup do zařízení. Jako Wi-Fi router jsem zvolil řešení RB952Ui-5ac2nD-TC od firmy Mikrotik. Jedná se o dvoukanálovou Wi-Fi komunikující na bezdrátových frekvencích 2,4 a 5 GHz. Zařízení obsahuje 5 Ethernet portů umožňující přenosovou rychlost až 100Mbps. Zařízení je možné napájet dvěma způsoby a to buď přes pasivní POE, nebo DC konektor.



Obr. 29 Mikrotik Hap ac lite [32]

Pro zobrazení naměřených dat, aktuální spotřeby měřidel, bude na panelu umístěn miniPC s připojeným monitorem, pro změny v konfiguraci zařízení SDS a dále pro zobrazení, vyhodnocení, zpracování a export naměřených dat. Monitor společně s miniPC bude použit z vybavení učebny a není potřeba nákup těchto věcí.

Data z energy brány by se měli zobrazovat přes webové rozhraní přímo z jednotky, nebo je možné nastavit odesílání dat na Cloud. Data z cloudu by měli být dostupné také pomocí webového rozhraní.

Data ze zařízení SDS se zobrazují podobně jako z energy brány, přes webové rozhraní přímo ze zařízení, nebo při nastavení odesílání dat na energy cloud je možné data zobrazit a analyzovat v cloudu přes webové rozhraní.

## 5.2. Soupis navrhovaného materiálu

Modul měření spotřeby RFPM-2M/230V

<http://eshop.elkoep.cz/rfpm-2m-120-230v---detail-3DA4000101.aspx>

Proudový transformátor CT50

<http://eshop.elkoep.cz/ct50---detail-1PR5000101.aspx>

Led senzor LS sensor

<http://eshop.elkoep.cz/ls-sensor---detail-1LJ5000101.aspx>

Bezdrátový převodník pulzů RFTM-1

<http://eshop.elkoep.cz/rftm-1---detail-EYR0000101.aspx>

Infra red senzor IRS sensor

<http://eshop.elkoep.cz/irs-sensor---detail-3LJ5000101.aspx>

Magnetický senzor MS sensor

<http://eshop.elkoep.cz/ms-sensor---detail-2LJ5000101.aspx>

Plynoměr BK-G4

<https://www.topenilevne.cz/plynomer-premagas-elster-bk-g4-roztec-100-mm-p5791/#gallery>

<https://www.topenilevne.cz/rozperka-k-plynomeru-plocha-100mm-1-pro-g4-p5286/>

Kompresor

[https://www.decathlon.cz/elektricka-pumpicka-cerna-id\\_8358188.html](https://www.decathlon.cz/elektricka-pumpicka-cerna-id_8358188.html)



Vodoměr

<http://eshop.ptacek.cz/detail-produktu.aspx?wlQgymnnJAeXQc%2fr2EGreQ%2f3GlPlE5IH>

Čerpadlo EASY-OMIS

<https://www.topenilevne.cz/easy-omis-ups-25-40-180mm-p42163/>

Jednofázový elektroměr na din lištu (s impulsním výstupem)

[https://www.nej-ceny.cz/687935/elektromer-na-din-listu-jednofazovy-digitalni-1f-meric-spotreby-wattmetr-hutermann-ht-1pd.html?utm\\_campaign=od9rijna&utm\\_medium=cpc&utm\\_source=zbozi](https://www.nej-ceny.cz/687935/elektromer-na-din-listu-jednofazovy-digitalni-1f-meric-spotreby-wattmetr-hutermann-ht-1pd.html?utm_campaign=od9rijna&utm_medium=cpc&utm_source=zbozi)

Wifi router MikroTik RB 952Ui-5ac2nD

[https://www.discomp.cz/mikrotik-routerboard-rb952ui-5ac2nd-hap-ac-lite-5x-lan-usb-300-433mbps\\_d71768.html](https://www.discomp.cz/mikrotik-routerboard-rb952ui-5ac2nd-hap-ac-lite-5x-lan-usb-300-433mbps_d71768.html)

PVC trubky+ příslušenství, Hadice na napojení vzduchu, čelní deska panelu a drobný spojovací materiál

[https://www.hornbach.cz/shop/sortiment/sortiment.html?WT.z\\_navi=dd](https://www.hornbach.cz/shop/sortiment/sortiment.html?WT.z_navi=dd)

SDS MICRO Light E - R1

<http://onlinetechnology.cz/eshop/zbozi/sds-micro-light-e-r1>

### 5.3. Rozpočet laboratorního panelu

Plynoměr BK-G4	1 560 Kč	1	1 560 Kč
Držák plynoměru	45 Kč	1	45 Kč
Kompresor	313 Kč	1	313 Kč
Vodoměr Enbra	1 185 Kč	1	1 185 Kč
Oběhové čerpadlo	771 Kč	1	771 Kč
Elektroměr	319 Kč	1	319 Kč
Wifi MikroTik RB 952	833 Kč	1	833 Kč
PVC trubky + napojení vody [+/ -]	750 Kč	1	750 Kč
Hadice+napojení vzduchu [+/ -]	500 Kč	1	500 Kč
Deska+uchycení na panel [+/ -]	1 000 Kč	1	1 000 Kč
Kabely [+/ -]	500 Kč	1	500 Kč
			7 776 Kč
<b>Celkem</b>			<b>8 554 Kč</b>

Tab. 1 Rozpočet laboratorního modelu - Zařízení

Modul měření RFPM-2M/230V	4 110 Kč	1	4 110 Kč
Proudový transformátor CT50	309 Kč	1	309 Kč
LED sensor	410 Kč	1	410 Kč
Infra Red sensor IRS	299 Kč	1	299 Kč
Magnetický sensor	299 Kč	1	299 Kč
Bezdrátový převodník pulzů RFTM-1	1 020 Kč	3	3 060 Kč
<b>Celkem</b>			<b>8 487 Kč</b>

Tab. 2 Rozpočet laboratorního modelu - Systém iNELS

SDS MICRO DIN E	1 775 Kč	1	1 775 Kč
Čidlo IN-Z61	2 025 Kč	1	2 025 Kč
<b>Celkem</b>			<b>3 800 Kč</b>

Tab. 3 Rozpočet laboratorního modelu - Systém SDS

*Ceny jsou uvedeny bez DPH.*



## 6. Realizace laboratorního modelu

Na laboratorní model byly navrženy dvě varianty měřicího zařízení. První varianta byla od firmy iNELS a druhá varianta od firmy Online technology. Při porovnání obou variant byla v rámci poměru cena/výkon zvolena varianta obsahující měření pouze od firmy Online technology.

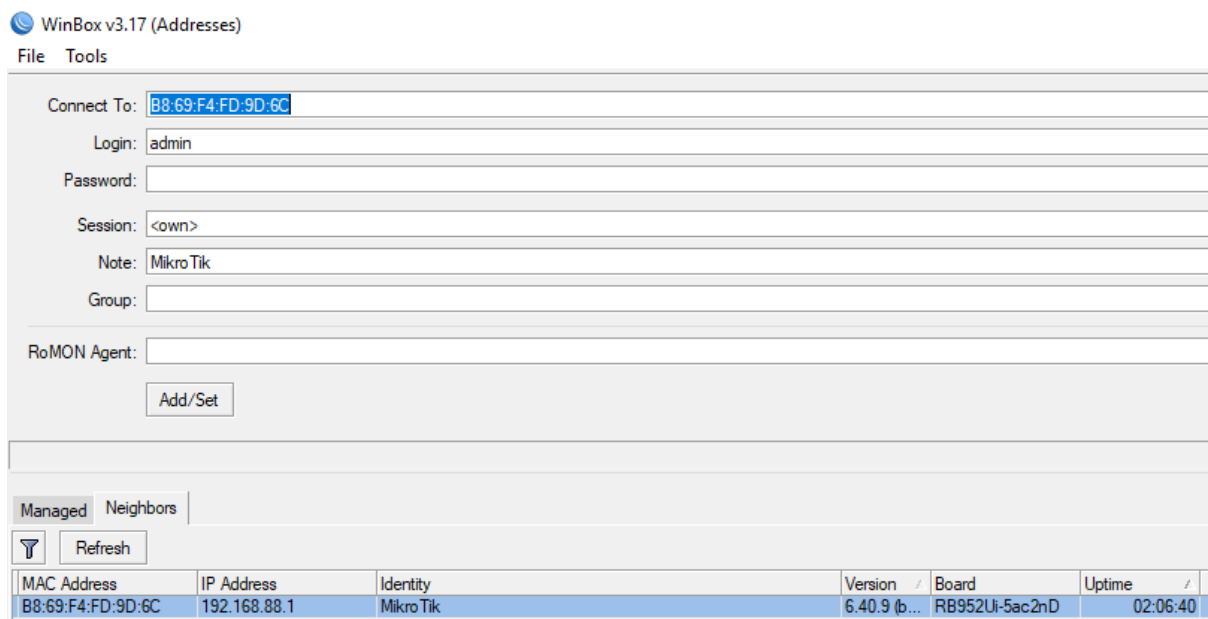
Zařízení SDS umí pouze snímat spotřebu pomocí impulsních vstupů, takže pro variantu měření SDS je potřeba, aby každé měřidlo mělo impulsní výstup pro připojení. Při návrhu panelu jsem zvolil rovnou vodoměr a elektroměr, který obsahuje impulsní výstup, takže nebude problém je připojit k zařízení SDS. K plynoměru je nutné dokoupit přídavní čidlo pro generaci impulsů otáčením ciferníku. Impulsní výstupy z měřidel jsou vyvedena na svorky na panelu stejně jako impulsní vstupy do zařízení SDS pro různé kombinování zapojení.

Panel je realizován na dřevotřískové desce s laminátovou úpravou o rozměrech 100x75 cm, která byla nechána originálně olepena PVC hranou. Na desce je na čelním panelu umístěn plynoměr, vodoměr, elektroměr, zařízení SDS, ovládací vypínač a svorky pro propojení čidel. Na zadní straně panelu se nachází oběhové čerpadlo, vzduchový kompresor a propojovací vodiče.

### 6.1. Konfigurace Wi-Fi Routeru

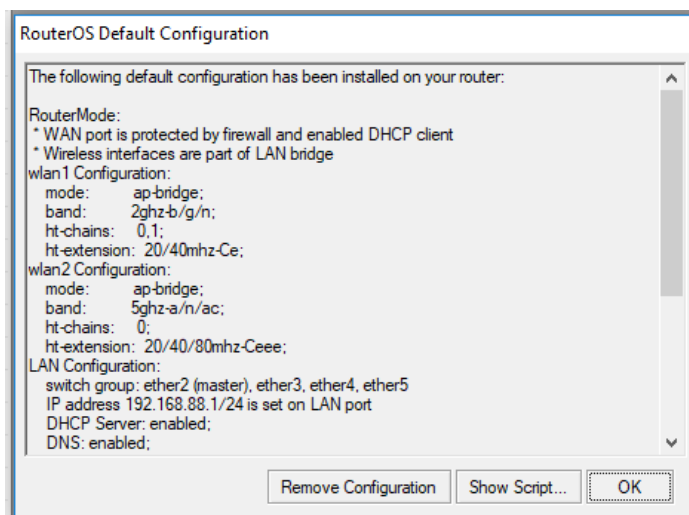
Wi-Fi Router pro laboratorní panel byl zvolen od Litevské firmy MikroTik. Společnost MikroTik se zabývá vývojem a prodejem bezdrátových systémů především pro ISP. Poskytuje bezdrátové systémy pro internetovou konektivitu v mnoha zemích po celém světě. MikroTik je známý díky svému operačnímu systému MikroTik RouterOS, který se vyznačuje svojí konfigurovatelností a především výkonem. Zvolen byl model RB952Ui-5ac2nD. Tento model obsahuje 2 integrované rádiové části s podporou 802.11a/b/g/n/ac umožňující současný provoz v obou pásmech. V pásmu 2,4 GHz je podporováno 2x2 MIMO s přenosovou rychlostí až 300Mbps a v pásmu 5 GHz 1x1 SISO s přenosovou rychlostí 433Mbps. Zařízení má 5 Ethernet portů umožňující přenosovou rychlost až 100Mbps. Poslední port umožňuje funkci PoE Out pro napájení dalšího zařízení. Napájet jednotku lze dvěma způsoby a to buď přes pasivní PoE nebo DC konektor.[32]

Pro konfiguraci zařízení je potřeba si stáhnout konfigurační program winbox ze stránek výrobce [www.mikrotik.com/download](http://www.mikrotik.com/download). Po stažení a spuštění staženého programu je potřeba propojit ethernetovým kabelem zařízení mikrotik s počítačem. V záložce Neighbors se zobrazí seznam připojených zařízení po rozkliknutí MAC adresy se do zařízení přihlásíme pomocí uživatelského jména: „admin“ a bez uživatelského hesla. [33]



Obr. 31 Winbox - Přihlášení do zařízení

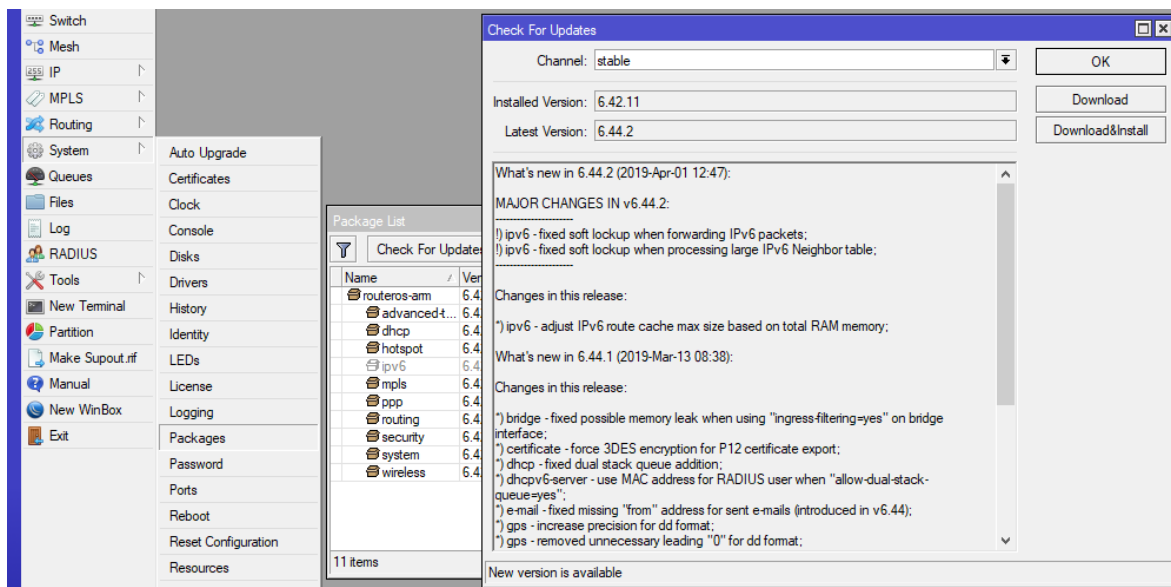
Při prvním přihlášení do nového zařízení je potřeba vymazat tovární konfiguraci, která není úplně ideální.



Obr. 32 Winbox - Odebrání výchozího nastavení

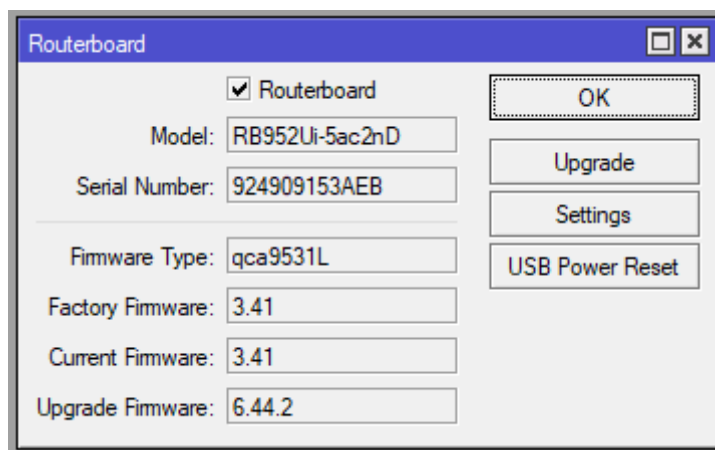
Jako další je důležité aktualizovat operační systém RouterOS a firmware na nejnovější vydanou verzi. Nejnovější verzi je možné stáhnout na webových stránkách výrobce [www.mikrotik.com/download](http://www.mikrotik.com/download), je důležité stáhnout správnou verzi (MIPSBE, SIMS, ARM apod.).

Nebo je možné v záložce Systém > Packages zjistit nejnovější dostupné aktualizace a provést stažení a instalaci.



Obr. 33 Winbox - Aktualizace ROS

Po aktualizaci operačního systému je potřeba v záložce systém > routerboard provést aktualizaci firmwaru a následně router restartovat systém > reboot > YES

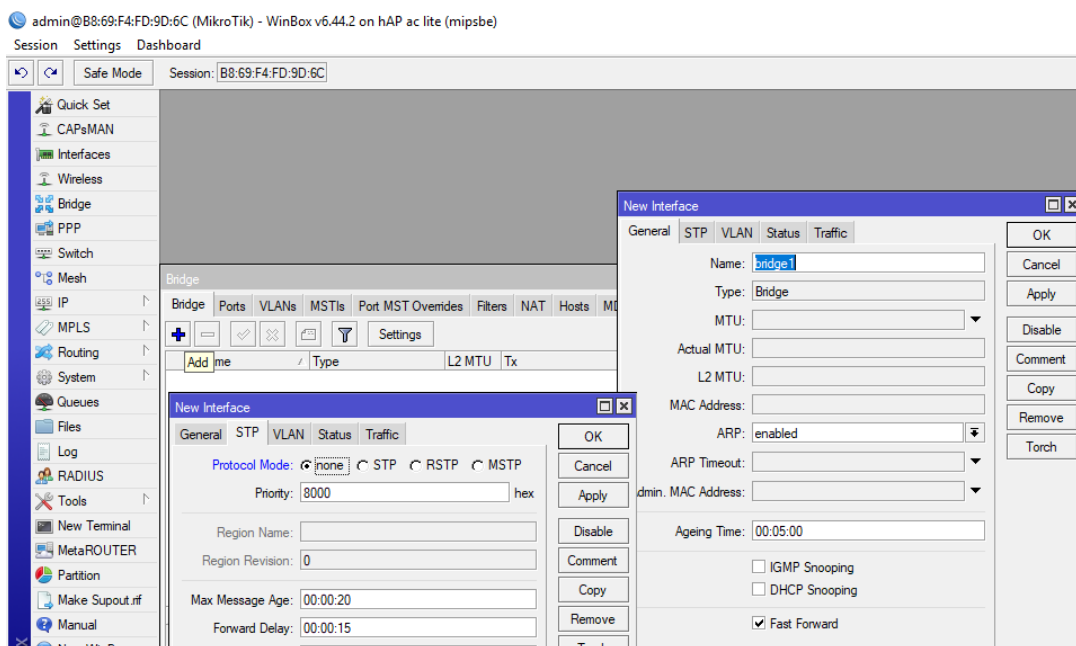


Obr. 34 Winbox - Aktualizace Firmware

Další důležitý krok je změna hesla. Nikdy nenechávejte zařízení mikrotik, které má veřejnou IP adresu bez hesla jak je při prvním zapnutí nastaven. Na 99% se stane, že zařízení bude napadené, nebude možné se do něj přihlásit a bude třeba zařízení vyresetovat do továrního nastavení nebo netinstalem přehrát bios v zařízení. Uživatelské jméno se mění v záložce Systém > Users. Další důležitý krok pro zabezpečení zařízení je změnit servisní porty pro protokol ssh, telnet, ftp a www. Když v zařízení zůstanou nastavené výchozí porty, na 99% se do zařízení bude neustále někdo snažit přihlásit. Servisní porty je možné změnit v záložce IP > Services.

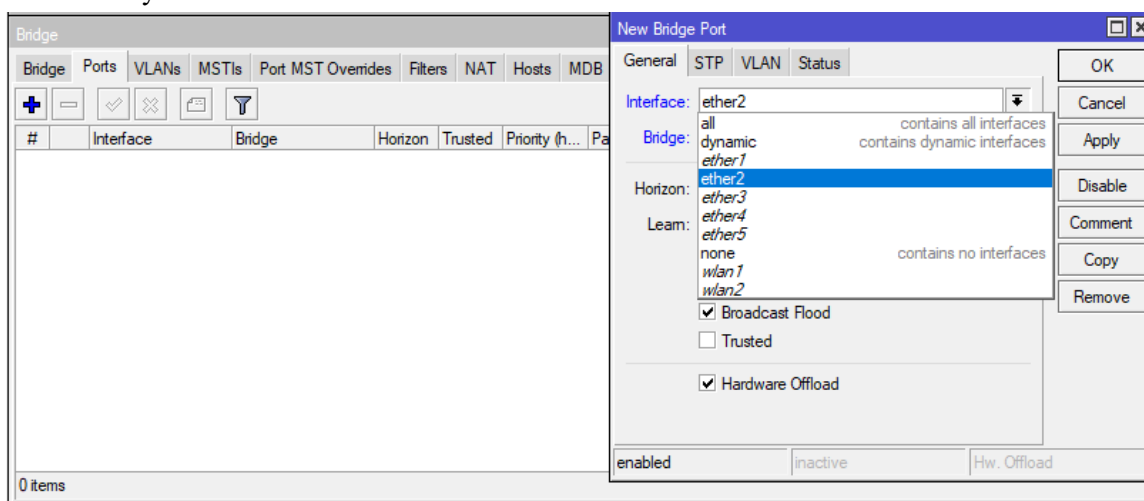
Nyní jsou dvě možnosti jak dále router nakonfigurovat. Jako první možnost je pomocí příkazů v terminálu v programu winbox, nebo druhá možnost přes grafické rozhraní prostředí programu winbox.

Pro konfiguraci volím grafické rozhraní, které je uživatelsky přívětivější než příkazový řádek. Jako první je potřeba vytvořit si v záložce bridge nový „bridge“. V záložce STP je potřeba zaškrtnout protokol mode none.



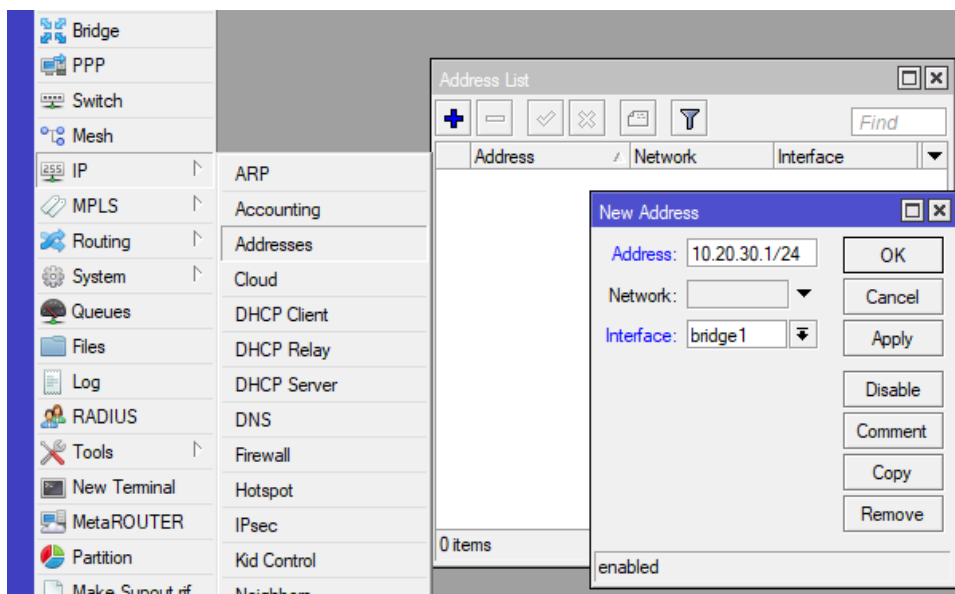
Obr. 35 Winbox – Konfigurace Bridge

Dále je potřeba do vytvořeného bridge1 přidat všechny interfaces co se budou nacházet ve vnitřní síti LAN. Jedná se o všechny porty až na ethernet 1, který bude připojený do WAN sítě. Jedná se tedy o ethernet 2-5 a dále oba bezdrátové interface wlan1 a wlan2.



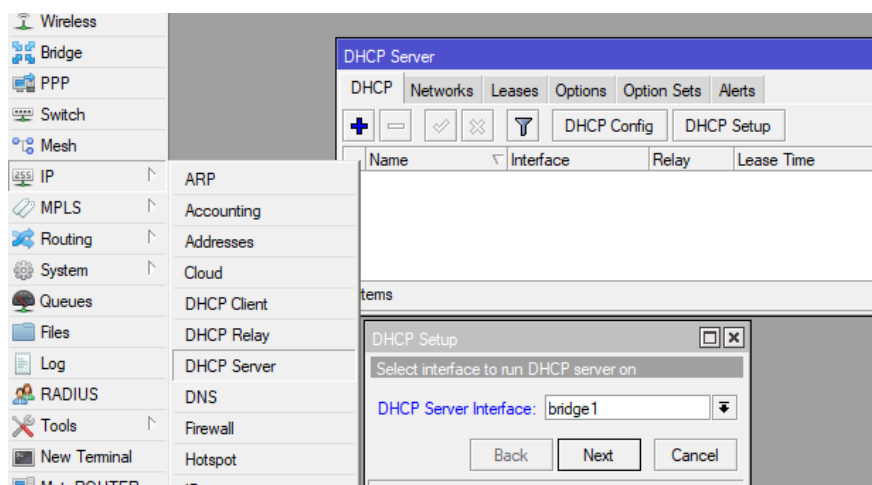
Obr. 36 Winbox – Konfigurace Bridge

Další krok pro nakonfigurování DHCP serveru je potřeba v záložce IP > Addresses přidat neveřejný adresní rozsah, který bude DHCP server přidělovat zařízením připojeným v LAN síti. Přidáme adresní rozsah adres 10.20.30.1/24 na interfaces bridge1. tímto nastavením nám bude DHCP server přidělovat neveřejné adresy 10.20.30.2-10.20.30.254.



Obr. 37 Winbox – Konfigurace IP Adreses

Dalším krokem je potřeba přidat a nastavit již zmíněný DHCP server. Ten nastavíme v záložce IP > DHCP server kde lze relativně rychle a jednoduše nakonfigurovat přes tlačítko DHCP Setup. Rozkliknutím tohoto tlačítka nám vyskočí nové okno, které se ptá na jakém interfacesu bude přidělovat adresy v našem případě je to již vytvořený interface bridge1. V dalších třech krocích (Select network for DHCP addresses, gateway for given network a select pool of ip addresses given out by DHCP server) je možné klikat jen na tlačítko next mikrotik si tohle vyplní automaticky z již přidaného adresního rozsahu. V záložce DNS servers je potřeba vyplnit DNS server poskytovatele internetového připojení nebo například DNS google a to 8.8.8.8



Obr. 38 Winbox – Konfigurace DHCP Serveru

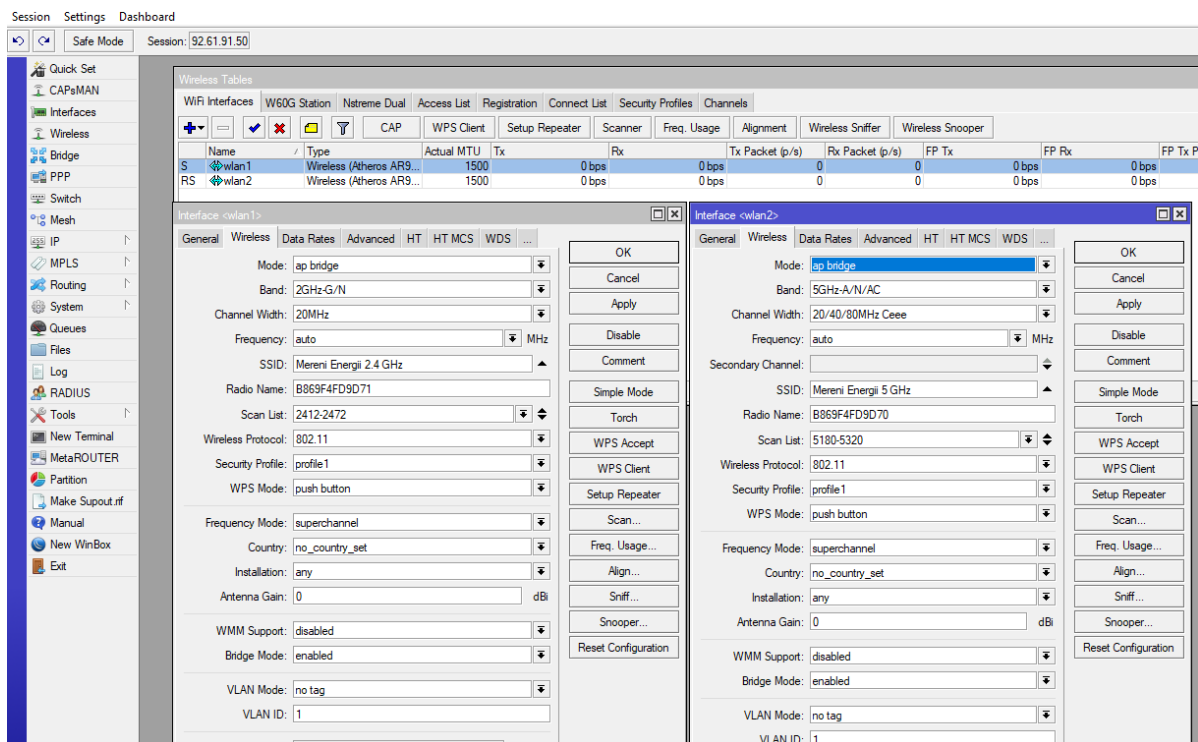


Dále je potřeba nastavit na routeru DHCP klienta, ten by měl být nastavený podle standartu poskytovatele internetového připojení. Někteří poskytovatelé internetu používají nastavení statické IP adresy, někteří pak dynamické získání IP adresy nebo přes PPPoE. V mém případě se jedná o získání IP adresy dynamicky tak stačí na přírodní interface tedy ethernet1 přidat DHCP klient v záložce IP > DHCP Client a přidat pravidlo do Firewallu v záložce IP > Firewall > NAT pravidlo srcnat se Src. Address 10.20.30.0/24 a v záložce action > akci masquerade.

*chain=srcnat action=masquerade log=no log-prefix=""*

Poslední krok je nastavení bezdrátové části Wi-Fi Routeru v záložce wireless. Zařízení obsahuje dvě rádiové části pracující na 2,4 GHz a 5 GHz. V dnešní době je standardem, aby Wi-Fi uměla pracovat na obou rádiových frekvencích, protože pásmo 2,4 GHz bývá především v hustě osídlených lokalitách velice zarušené důvodem málo vysílacích kanálů v tomto pásmu. Proto se přechází na pásmo 5 GHz, které má daleko více kanálů a tím nedochází k zarušení a přenosové rychlosti jsou daleko rychlejší. V záložce Security Profiles je potřeba si vytvořit heslo pro zabezpečení Wi-Fi. Poté už stačí nakonfigurovat Wlan1 jako: Mode - AP bridge; Band – 2GHz G/N; Chanel Width 20MHz; Frequency – auto ) zařízení si vybere, která frekvence je nejméně zarušená); SSID – Zvolíme, si pod jakým názvem se chceme připojovat k Wi-Fi; Scan list – 2412-2472 (povolené pásmo v ČR pro vysílání pro Wi-Fi); Wireless Protocool – 802.11; Security Profile – vybereme ten, který jsme si před tímto krokem nastavili; Frequency Mode – Superchannel a Country – no\_country\_set. Podobně provedeme i s Wlan2 : Mode - AP bridge; Band – 5GHz A/N/AC; Chanel Width 20/40/80MHz Ceee; Frequency – auto ) zařízení si vybere, která frekvence je nejméně zarušená); SSID – Zvolíme si, pod jakým názvem se chceme připojovat k Wi-Fi; Scan list – 5180-5320 (povolené pásmo v ČR pro vysílání v pásmu 5 GHz v INDOOR instalacích Wi-Fi); Wireless Protocool – 802.11; Security Profile – vybereme ten, který jsme si před tímto krokem nastavili; Frequency Mode – Superchannel a Country – no\_country\_set.

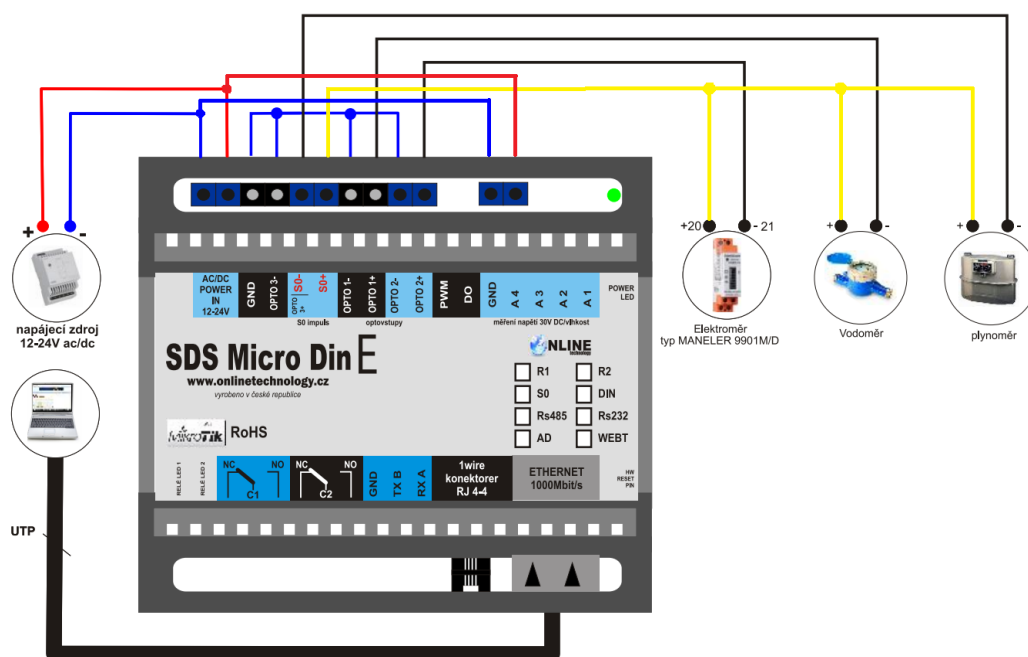
Tímto nastavením máme celý Wi-Fi router nastavený.



Obr. 39 Winbox - Konfigurace Wi-Fi

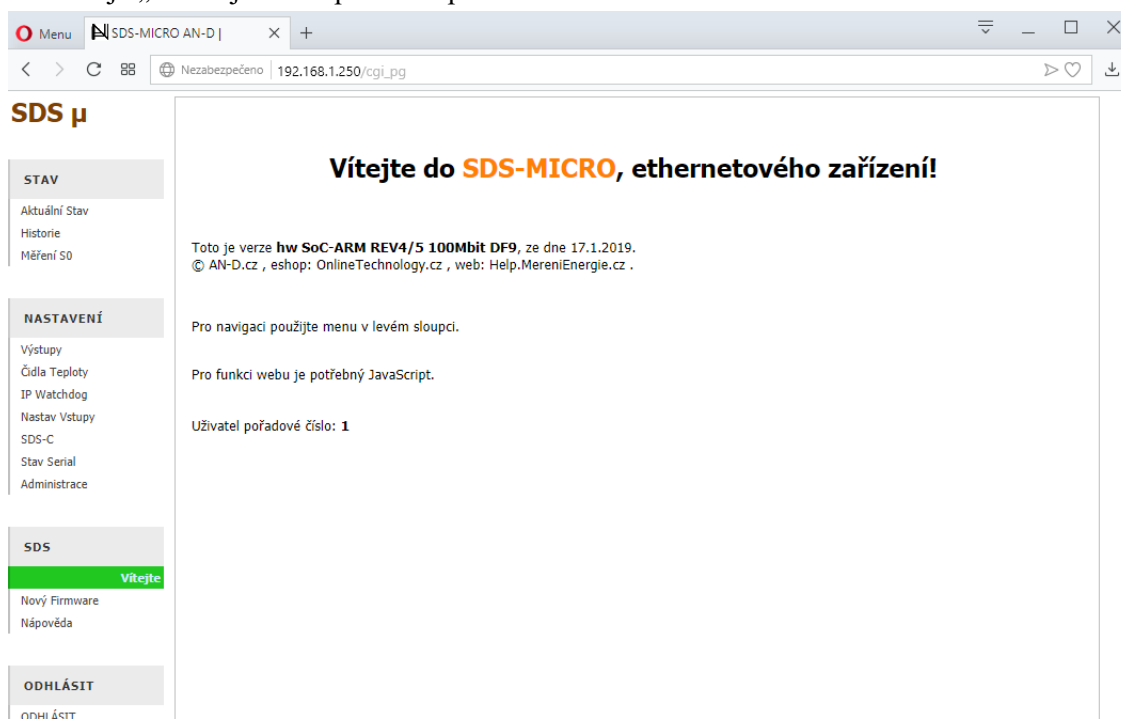
## 6.2. Zapojení a konfigurace SDS zařízení

Zařízení SDS je možné napájet stejnosměrným nebo střídavým napětím 10-30V. K napájení jsem použil spínaný zdroj stejnosměrného napětí o 24V. Napájecí zdroj je připojen na napájecí svorky a zároveň je dále připojen na svorky GND a A4 pro měření napětí pro monitorování napájecího napětí. Pro připojení impulsních vstupů je potřeba propojit svorky GND, OPTO3-, OPTO2- a OPTO1-, viz obrázek [X]. Impulsní vstupy se poté dále připojují na svorky OPTO3+ a S0+, OPTO2+ a S0+, OPTO1+ a S0+. Vstupy pro připojení impulsních vstupů jsou vyvedeny na svorky umístěné na panelu pro propojení s měřidly. Zařízení SDS je dále propojeno UTP kabelem s Wi-Fi routrem. K zařízení se dá připojit až 16 teplotních čidel přes konektory RJ 4-4 pro měření teploty. Dále je možné k zařízení připojit dvě externí relé pro ovládání dalších zařízení. Relátka je možné ovládat buď přes webové rozhraní tlačítky ON/OFF nebo je možné relátka ovládat pomocí nahrání vlastního programu přímo SDS zařízení a zapnutí nebo vypnutí je možné vyvolat například překročením určitého měřeného napětí, nebo překročením určitého aktuálního odběru měřeného přes impulsní vstup, nebo překročení nastavené teploty apod..



Obr. 40 Zapojení SDS [24]

Zařízení se konfiguruje pomocí webového rozhraní přes výchozí IP adresu 192.168.1.250, výchozí bránu 192.168.1.1 a maskou podsítě 255.255.255.0. Výchozí heslo do zařízení je „test“ a je dobré pro zabezpečení zařízení ho změnit na vlastní heslo.



Obr. 41 Úvodní stránka webového rozhraní

Heslo se mění v záložce nastavení > administrace, nové heslo do SDS zařízení bylo nastaveno na „mereni“. Dále je potřeba nastavit IP adresu shodnou s nastavením routeru: Vlastní IP-10.20.30.40; Síťová maska 255.255.255.0; Gateway IP: 10.20.30.1.

Po připojení impulsních vstupů je potřeba jednotlivé vstupy správně nastavit pro správné zobrazování měřených hodnot. Impulsní výstupy se nastavují v záložce nastavení > nastav vstupy kde ve spodní části je tabulka nastavení S0 vstupů.

Nastavení S0 vstupů		
Optický vstup	nastavení detailů	
OPTO 1	<a href="#">klikněte sem pro změnu nastavení</a>	nepoužito pro S0
OPTO 2	<a href="#">klikněte sem pro změnu nastavení</a>	nepoužito pro S0
OPTO 3	<a href="#">klikněte sem pro změnu nastavení</a>	nepoužito pro S0
LOGIC S0	<a href="#">klikněte sem pro změnu nastavení</a>	nepoužito pro S0

Obr. 42 Nastavení impulsních vstupů

Nastavení S0 vstupu:

- Tento vstup je zapojen pro S0  
Pro aktivaci tohoto vstupu je potřeba zaškrtnout.
- Použití tarifního rozdělení:  
Pokud se jedná o dvousazbové měření (denní a noční proud) je nutné zaškrtnout pro správný výpočet ceny.
- Název měřiče  
Vlastní pojmenování připojeného vstupu (Elektroměr, vodoměr, plynoměr apod.)
- Název jednotky  
Jednotka na měřidle (kW·h, m<sup>3</sup>, L apod.)
- Impulsů na jednu jednotku  
Převod mezi impulsy a měřenou jednotkou (2000 imp./1 kW·h, 100 imp./1 m<sup>3</sup>, nebo 10 L/1imp.)

- Cena za jednu jednotku (T0)  
Cena za jednu měřenou jednotku (vyšší tarif např. denní sazba elektrické energie) pro výpočet celkové spotřebované ceny (např. 6,8 Kč/1 kW·h)
- Cena za jednu jednotku (T1)  
Cena za jednu měřenou jednotku (nižší tarif např. noční sazba elektrické energie) pro výpočet celkové spotřebované ceny (např. 3,4 Kč/1 kW·h)
- Přepočet průběžného odběru, na  
Jednotka aktuální spotřeby měřené veličiny (kW)
- Jednotka průběžného přepočtu  
Název aktuální měřené veličiny (Okamžitý výkon, okamžitý průtok apod.)

Nastavení aktuální hodnoty na počítadle:

- Nastavte celkový stav počítadla  
Zarovnání stavu v zařízení SDS aby ukazovalo stejnou hodnotu jako měřidlo.  
Hodnota na počítadle vynásobená převodem impulsů na jednotku.  
Př.:  
Elektroměr ukazuje hodnotu 0,35 kW·h  
Převodový poměr je 2000 imp./ 1 kW·h  
 $0,35 \cdot 2000 = 700$

Po nastavení hodnoty 700 Impulsů bude zařízení ukazovat stejnou hodnotu jako je hodnota na elektroměru.

Takto je potřeba nastavit všechny impulsní vstupy aby správně ukazovaly naměřené hodnoty pro další zpracování a vyhodnocení dat.

Výrobce zařízení SDS poskytuje možnost naměřená data bezplatně archivovat na portálu <http://energycloud.merenienergie.cz> . Po zaregistrování uživatele je potřeba v záložce nastavení přidat nové SDS zařízení:

- Název zařízení

Název zařízení, pod kterým bude zobrazené v energycloudu

- IP adresa zařízení

IP adresa, přes kterou se dá ze sítě internetu přihlásit na SDS zařízení. Pokud je zařízení zapojeno ve vnitřní síti je potřeba na routeru nastavit přesměrování portu z veřejné IP adresy přidělené od poskytovatele internetu na neveřejnou IP adresu zařízení nastavenou na SDS zařízení. Od poskytovatele internetu mám přidělenou veřejnou IP adresu 92.61.91.50 a SDS zařízení má nastavenou IP adresu 10.20.30.40 proto je potřeba vytvořit dst-nat z IP adresy 92.61.91.50 a portu 80 na IP adresu 10.20.30.40 s portem 80.

Nastavení přesměrování portu:

```
chain=dstnat action=dst-nat to-addresses=10.20.30.40 to-ports=80 protocol=tcp dst-address=92.61.91.50 dst-port=80 log=no log-prefix=""
```

Jako IP adresu zařízení do energy cloudu je potřeba zadat 92.61.91.50:80

- Typ zařízení

Je potřeba vybrat typ SDS zařízení ze seznamu v případě panelu měření energií SDS

#### MICRO

- Interval odeslání dat

Interval, při kterém se budou data stahovat ze zařízení do cloudu. Je nastavena natvrdo hodnota 60 minut, při změněna jiný interval stačí napsat email na [csphone@csphone.cz](mailto:csphone@csphone.cz) uživatelské jméno k účtu kde je potřeba interval změnit a interval na, který chceme odesílání změnit.

- Název pro relé č.1-6

Pokud jsou k zařízení SDS připojeny externí relé je možné si je pojmenovat pro lepší přehlednost.

#### Použité vstupy:

- Zpracovávat data vstupů S0 (výkony)

Při zaškrtnutí se budou do cloudu stahovat data z impulsních vstupů

- Zpracovávat data teplotních vstupů (line A)

Při zaškrtnutí se budou stahovat data prvních 16 teplotních vstupů

- Zpracovávat data teplotních vstupů (line B)

Při zaškrtnutí se budou stahovat data druhých 16 teplotních vstupů

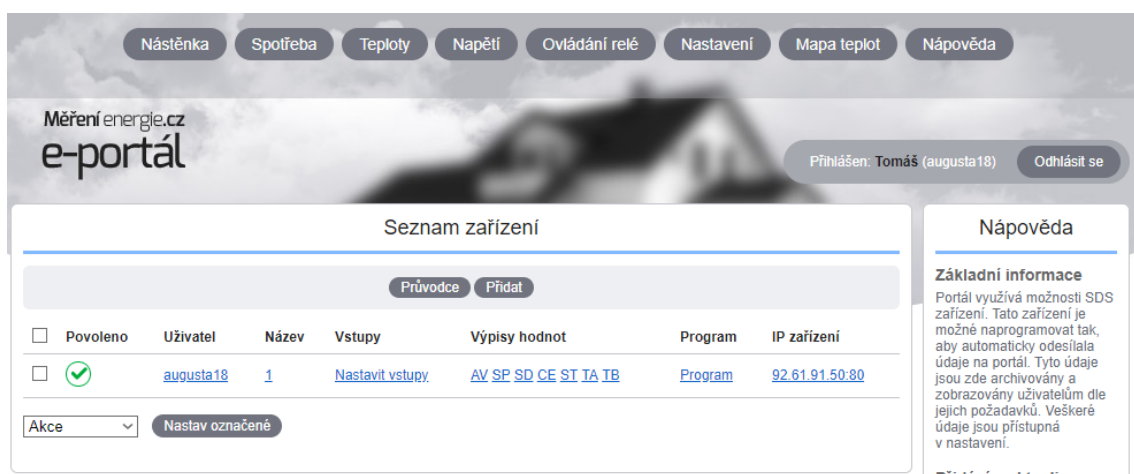
- Zpracovávat data AD vstupů

Při zaškrtnutí se budou stahovat data z napěťových měření

#### Zobrazení na nástěnce:

- Zobrazovat celkovou spotřebu na úvodní stránce  
Při zaškrtnutí se zobrazí údaj o celkové spotřebě na úvodní stránce
- Zobrazovat celkovou spotřebu diferenciální na úvodní stránce  
Při zaškrtnutí se zobrazí údaj o celkové spotřebě diferenciální na úvodní stránce
- Zobrazovat data teplotních vstupů (line A) na úvodní stránce  
Při zaškrtnutí zobrazí prvních 16 teplotních vstupů na úvodní stránce
- Zobrazovat data teplotních vstupů (line B) na úvodní stránce  
Při zaškrtnutí zobrazí druhých 16 teplotních vstupů na úvodní stránce
- Zobrazovat data AD vstupů na úvodní stránce  
Při zaškrtnutí zobrazí napěťové vstupy na úvodní obrazovce

Po přidání SDS zařízení do energy cloudu je potřeba do zařízení nahrát program, pro odesílání dat na cloud. Program je ke stažení v záložce nastavení > a u daného zařízení sloupec program.



Obr. 43 Přidané zařízení SDS v energy cloudu

Program SDS-C se nahrává do zařízení přes program, který je dostupný ke stažení ve wikipedii výrobce na stránce <http://www.wiki.merenienergie.cz/index.php/Firmware>. Po instalaci a spuštění programu SDS-C je potřeba první provést aktualizaci firmwaru v zařízení SDS. Zda je v zařízení aktuální firmware jde zjistit po přihlášení do zařízení SDS a v záložce SDS > Nový Firmware jsou dva odkazy:

- Pro ověření, zda-li toto SDS má nejaktuálnější firmware, „klikněte sem“.

Po rozkliknutí odkazu se zobrazí, zda je verze firmwaru aktuální nebo zastaralá. Dále se ukáže aktuální verze v zařízení a nejnovější dostupný vydaný firmware.

- Nový firmware je vždy k dispozici zdarma na „WiKi“.

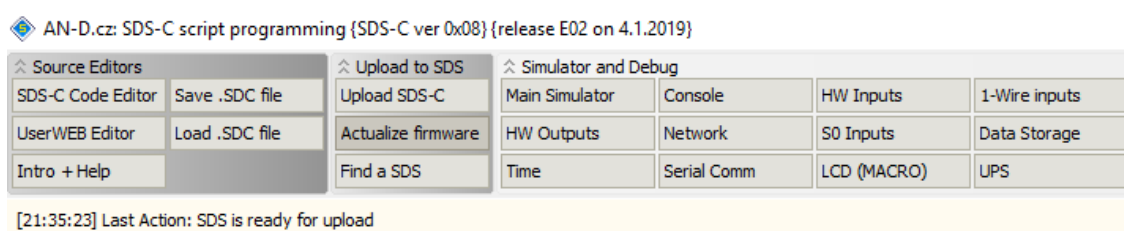
V druhém odkazu je na wikipedie rozepsaný podrobný popis jak provést aktualizaci firmwaru a možnost stažení aktuální verze firmwaru.

Aktualizace je celkem jednoduchá. Po přihlášení webovým rozhraním na zařízení SDS je potřeba v záložce Administrace spustit bootloader. V spodní části stránky administrace se nachází tabulka nahrání firmware. Do tabulky je třeba zadat aktuální heslo do zařízení a spustit bootloader tlačítkem start.

Nahrání firmware	
<b>Položka</b>	
Bezpečnostní kód firmware:	D0000001
Zadejte heslo:	
Spustit bootloader:	Start!

Obr. 44 Spuštění bootloaderu

Po spuštění bootloaderu stačí v dříve stažené aplikaci SDS-C rozkliknout tlačítko Aktualizace firmware vyplnit IP adresu zařízení a spustit aktualizaci. Aktualizace trvá zhruba 20 minut a je potřeba během instalace nevypínat zařízení!. Po aktualizace firmwaru v SDS je možné do zařízení nahrát program který bude v daném intervalu odesílat naměřené data na energy cloud. Program SDS-C neumožní nahrát program do zařízení se zastaralým firmwarem.



Obr. 45 Ovládací panel programu SDS-C

Pro nahrání programu do zařízení je nutné napřed nahrávaný program vložit do programu SDS-C. Program se nahraje do programu SDS-C tlačítkem SDS-C Code Editor, kde se nakopíruje stažený program ze stránek energy cloudu a zkompletuje tlačítkem Complete. Do zařízení SDS se nahraje tlačítkem Upload SDS-C. V nově otevřeném oknu pro nahrání programu je potřeba vyplnit IP adresu zařízení a heslo do zařízení. Po připojení do zařízení tlačítkem „conect to SDS Device“ už stačí dalším tlačítkem „UPLOAD COMPLIED PROGRAM TO SDS“ nahrát program. Po nahrání programu se začnou odesílat data ze zařízení SDS na energy cloud. Pro zařízení SDS na laboratorním panelu jsem nechal nastavit interval odesílání dat na cloud z 60 minut na 1 minutu aby při simulaci na panelu se dali data lépe analyzovat a vyhodnotit.



Obr. 46 Nahrání vlastního programu přes program SDS-C

Stažený program z energy cloudu do zařízení SDS:

```
// Program pro odesilani informaci na energycloud.merenienergie.cz
// Verze ze 14.02.2012 odstranjuje chybu pri zasilani aktualniho vykonu
// Verze z 01.03.2012 odesila cas pro vypocet aktualniho vykonu. Akt.vykon je vypocitavan na
// strane serveru
//      je pridan dalsi parametr pro zjistení verze odesilajiciho sds-c programu
// Verze z 05.03.2012 casovy interval nastaven administratorem portalu dle pozadavku zakaznika
// timeout pro DNS resolve zkracen ze 45 na 30sek
```

```
var _portal_vstup; //index vstupu
var _portal_konst; //prepocetova konst vstupu
var _portal_ram; //index ram pole
var _portal_pom; //pomocna
var _portal_dns; //je dostupny preklad dns
var _portal_data; //typ odesilanych dat
var _portal_timeout; //cas pro odesilani dat
var _portal_vykonhod; //vykon za aktualni hodinu
```

```
odesli_data_na_portal
{
```



```

_portal_data=1;
dns_resolv('energycloud.merenienergie.cz');
sys[64] = 30; //sekund
label cekam_na_dns:
if (sys[64] == 0) {
_portal_dns=0;
goto odeslat;
}
if (sys[65] == 512) {
_portal_dns=1;
goto odeslat;
}
goto cekam_na_dns;
label odeslat:
if (_portal_dns==0) {
if (_portal_data==1) {
http_get(77,93,211,207,'energycloud.merenienergie.cz','/datas0.php?ver=1&devid=',
'WSWlrVFA4EqVevy5mGEY4w6Kkb4Grz', '&t0v1=', sys[493], '&t0v2=', sys[494], '&t0v3=',
sys[495], '&t0v4=', sys[496], '&t0v5=', sys[497], '&t0v6=', sys[498], '&t0v7=', sys[499],
'&t0v8=', sys[500], '&t1v1=', sys[526], '&t1v2=', sys[527], '&t1v3=', sys[528], '&t1v4=',
sys[529], '&t1v5=', sys[530], '&t1v6=', sys[531], '&t1v7=', sys[532], '&t1v8=', sys[533],
'&av1=', sys[592], '&av2=', sys[593], '&av3=', sys[594], '&av4=', sys[595], '&av5=', sys[596],
'&av6=', sys[597], '&av7=', sys[598], '&av8=', sys[599], '&tt=', sys[459]);
}
if (_portal_data==2) {

http_get(77,93,211,207,'energycloud.merenienergie.cz','/datatemp.php?ver=1&line=a&devid='
, 'WSWlrVFA4EqVevy5mGEY4w6Kkb4Grz', '&t1=', sys[310], '&t2=', sys[311], '&t3=',
sys[312], '&t4=', sys[313], '&t5=', sys[314], '&t6=', sys[315], '&t7=', sys[316], '&t8=',
sys[317], '&t9=', sys[318], '&t10=', sys[319], '&t11=', sys[320], '&t12=', sys[321], '&t13=',
sys[322], '&t14=', sys[323], '&t15=', sys[324], '&t16=', sys[325]);
}
if (_portal_data==3) {
}
}
if (_portal_dns==1) {
if (_portal_data==1) {

http_get(sys[66],sys[67],sys[68],sys[69],'energycloud.merenienergie.cz','/datas0.php?ver=1&d
evid=', 'WSWlrVFA4EqVevy5mGEY4w6Kkb4Grz', '&t0v1=', sys[493], '&t0v2=', sys[494],
'&t0v3=', sys[495], '&t0v4=', sys[496], '&t0v5=', sys[497], '&t0v6=', sys[498], '&t0v7=',
sys[499], '&t0v8=', sys[500], '&t1v1=', sys[526], '&t1v2=', sys[527], '&t1v3=', sys[528],
'&t1v4=', sys[529], '&t1v5=', sys[530], '&t1v6=', sys[531], '&t1v7=', sys[532], '&t1v8=';

```

```

sys[533], '&av1=', sys[592], '&av2=', sys[593], '&av3=', sys[594], '&av4=', sys[595], '&av5=',
sys[596], '&av6=', sys[597], '&av7=', sys[598], '&av8=', sys[599], '&tt=', sys[459]);
}
if (_portal_data==2) {

http_get(sys[66],sys[67],sys[68],sys[69],'energycloud.merenienergie.cz','/datatemp.php?ver=1
&line=a&devid=', 'WSWIrVFA4EqVevy5mGEY4w6Kkb4Grz', '&t1=', sys[310], '&t2=',
sys[311], '&t3=', sys[312], '&t4=', sys[313], '&t5=', sys[314], '&t6=', sys[315], '&t7=',
sys[316], '&t8=', sys[317], '&t9=', sys[318], '&t10=', sys[319], '&t11=', sys[320], '&t12=',
sys[321], '&t13=', sys[322], '&t14=', sys[323], '&t15=', sys[324], '&t16=', sys[325]);
}
if (_portal_data==3) {
}
}
sys[64] = 30; //sekund
label cekam_na_http_smycka:
if (sys[64] == 0) goto chyba_www_serveru;
if (sys[65] == 0) goto cekam_na_http_smycka;
if ((sys[65] != 1024)|| (sys[75] != 200)) goto chyba_www_serveru;
if (_portal_data==1) {
echo("S0 odeslano na server, OK.");
}
if (_portal_data==2) {
echo("Temp A odeslano na server, OK.");
}
if (_portal_data==3) {
echo("Temp B odeslano na server, OK.");
}
_portal_data++;
if (_portal_data<=4) goto odeslat;
return;
label chyba_www_serveru:
echo("Chyba komunikace s www serverem, http: ', sys[75]);
}
init
{
echo("Start programu.");
_portal_timeout = 60;
}
main
{
odesli_data_na_portal();
sys[64] = _portal_timeout;
label cekej:

```

```

if (sys[64] != 0) goto cekej;
}

```

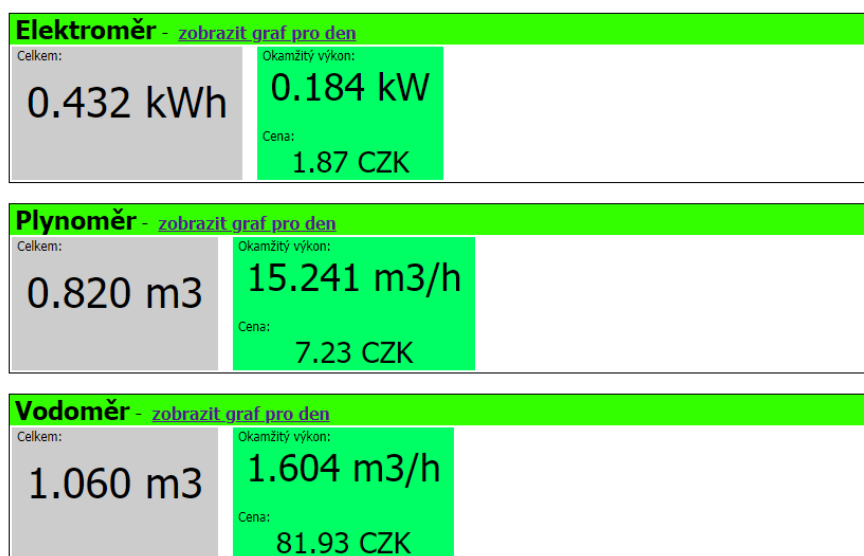
### 6.3. Naměřená data

Laboratorní panel měření spotřeby měří spotřebu z plynoměru, který je poháněný vzduchovým kompresorem. Spotřebu vody v uzavřené smyčce naplněné vodou kde oběhové čerpadlo pohání vodoměr. Spotřebu elektrické energie celého laboratorního panelu. Do měření spotřeby elektrické energie je zapojeno napájení SDS zařízení, napájení Wi-Fi routeru, napájení oběhového čerpadla a vzduchového kompresoru, mini PC s monitorem.

Naměřené data je možné zobrazit přihlášením přes webové rozhraní přímo do zařízení SDS, kde v záložce Stav > Měření S0 se zobrazí aktuální hodnoty připojených impulsních vstupů. Pro zobrazení všech připojených a nastavených impulsních vstupů je potřeba nahoře v rolovacím menu vybrat „VŠE“ pro zobrazení všech nastavených vstupů.

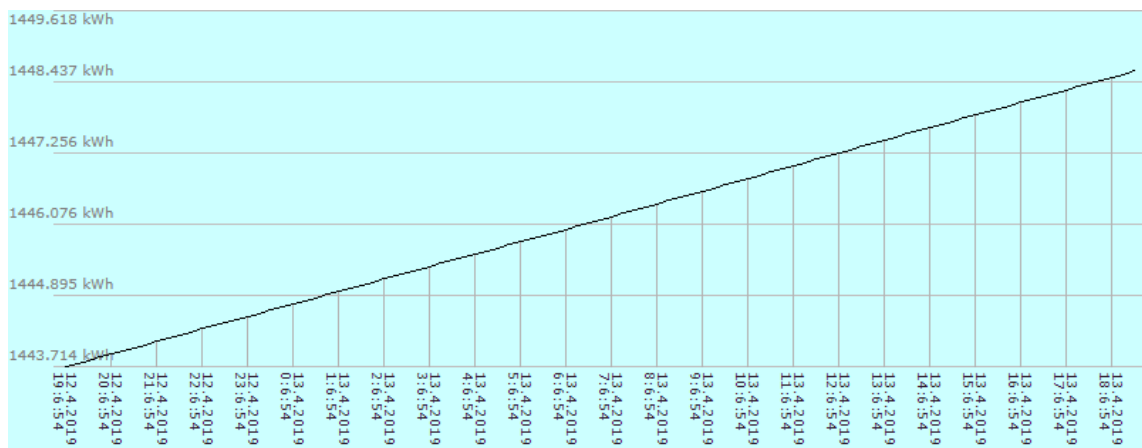
Zde se zobrazí u každého připojeného a nastaveného měřidla:

- Celkový stav spotřeby na měřidle
- Okamžitý výkon na měřidle
- Cena za celkovou spotřebovanou energii



Obr. 47 Aktuální hodnoty měření přes webové rozhraní

Dále je možné přes webové rozhraní zobrazit graf za posledních 24 hodin.



Obr. 48 Graf spotřeby za posledních 24 hodin přes webové rozhraní

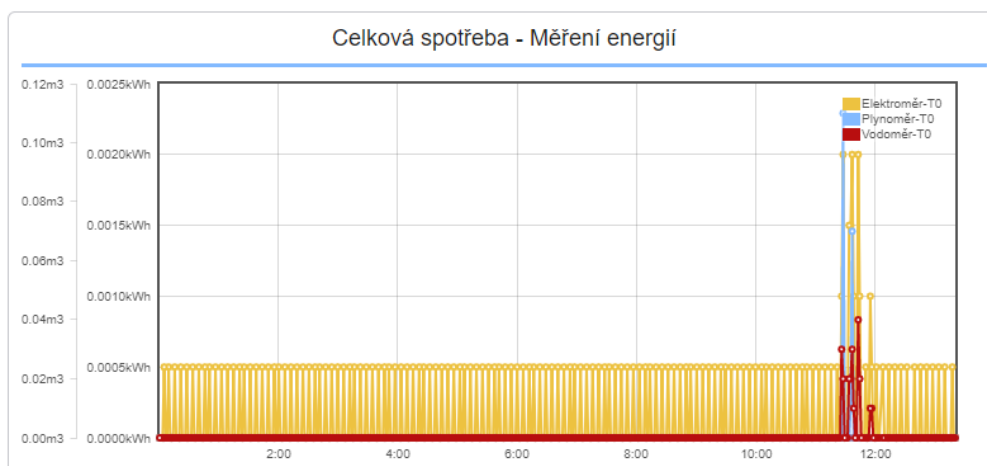
Bohužel zobrazení dat přes webové rozhraní není moc přehledné a graf se zobrazí jen za posledních 24 hodin. Webové rozhraní je vhodné jen pro zobrazení aktuální spotřeby a zobrazení aktuálního stavu na měřidle.

Pro lepší přehlednost a práci s daty je potřeba nastavit odesílání dat na energy cloud. Data jsou do energy cloudu odesílána ze zařízení každých 60 minut (interval odesílání jde změnit, na panelu změně na 1 minutu). V energy cloudu při správném nastavení se zobrazí na úvodní stránce jako první celkový přehled spotřeby z měřidel, vypočtená cena za spotřebu jednotlivých měřidel a celková cena za všechny měřidla.

Suma celkové spotřeby - Test						
Elektroměr		0.924		0	Celkem	0.924 [kWh]
Plynoměr		0.91		0	Celkem	0.91 [m3]
Vodoměr		14.57		0	Celkem	14.57 [m3]
Elektroměr		4.02		0	Celkem	4.02 Kč
Plynoměr		8.03		0	Celkem	8.03 Kč
Vodoměr		1121.89		0	Celkem	1121.89 Kč
Součet celkem		1133.94		0	Celkem	1133.94 Kč

Tab. 4 Energy cloud - Suma celkové spotřeby

Dále je možné na hlavní stránce cloudu zobrazit celkovou spotřebu. Graf celkové spotřeby ukazuje pouze spotřebu v daných intervalech odesílání dat ze zařízení na cloud.



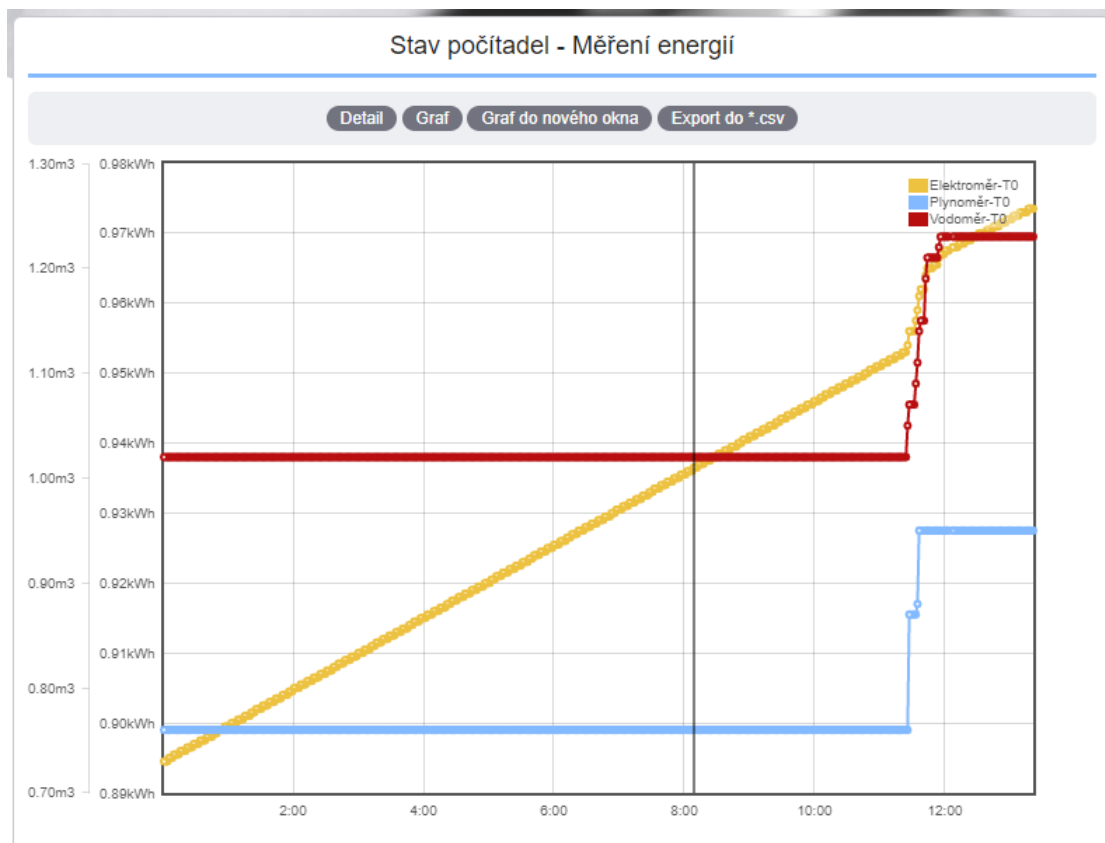
Obr. 49 Energy cloud - Graf celkové spotřeby

Aktuální výkon je možné zobrazit v záložce Spotřeba > Aktuální výkon. Zde se zobrazí aktuální výkon zaznamenaný v čase odeslání dat na cloud. Data je možné zobrazit v tabulce, grafu a dále vyexportovat nastavené období do formátu CSV pro další zpracování v jiných programech.

14.04.19 12:10:36	0.005	0.018	0.039
14.04.19 12:09:05	0.005	0.018	0.043
14.04.19 12:07:34	0.005	0.019	0.049
14.04.19 12:04:03	0.006	0.022	0.068
14.04.19 12:02:32	0.006	0.023	0.082
14.04.19 12:01:01	0.006	0.024	0.103
14.04.19 11:59:30	0.007	0.026	0.140
14.04.19 11:57:59	0.011	0.028	0.216
14.04.19 11:56:28	0.026	0.030	0.475
14.04.19 11:54:57	0.075	0.032	0.053
14.04.19 11:53:26	0.005	0.035	0.061
14.04.19 11:51:55	0.005	0.038	0.071
14.04.19 11:50:24	0.005	0.043	0.087
14.04.19 11:48:52	0.006	0.048	0.112
14.04.19 11:47:21	0.008	0.054	0.156
14.04.19 11:45:50	0.013	0.063	0.258
14.04.19 11:44:19	0.038	0.075	0.743
14.04.19 11:42:48	0.078	0.092	1.448
14.04.19 11:41:17	0.010	0.121	0.137
14.04.19 11:39:47	0.019	0.174	0.209
14.04.19 11:38:15	0.024	0.310	0.444
14.04.19 11:36:44	0.087	1.437	0.755
14.04.19 11:35:14	0.079	0.089	1.461
14.04.19 11:33:42	0.043	0.090	0.767
14.04.19 11:32:12	0.006	0.116	0.113
14.04.19 11:30:41	0.008	0.164	0.159
14.04.19 11:29:10	0.014	0.281	0.265

Tab. 5 Energy cloud - Naměřené hodnoty

Aktuální stav na měřidlech je možné zobrazit v záložce Spotřeba > Stav počítadel. Zde je možné také zobrazit naměřená data v tabulce, grafu nebo exportovat nastavené období do formátu CSV pro další zpracování v jiných programech.



Obr. 50 Energy cloud - Stav počítadel

Nastavení zobrazovaného měřené období je možné v pravém menu, kde je možné vybrat pevné období z rolovacího menu, které má přednastaveny spousty možností zobrazení. Další možnost je z kalendáře si vybrat sledované období, počet záznamů zobrazených na stránce, druh tarifu při více sazbovém měření nebo typ grafu spojnicový, sloupcový nebo plošný.



Obr. 51 Hotový laboratorní model

## 7. Vyhodnocení

Při dlouhodobějším testování bylo zjištěno, že při výpadku napájení zařízení SDS došlo ke ztrátě posledních měřených dat. Během výpadku napájení, zařízení SDS nezaznamenává měřené impulsy z měřidel. Po obnově napájení bylo nutné znovu ručně zarovnat stav měřidel v nastavení. Při měření je důležité, aby stav měřidla odpovídal skutečné hodnotě na měřidle a tím byla chyba měření co nejmenší. Při výpadku napájení a ztrátě dat dojde k chybovosti měřených dat a je vhodné pro zajištění co nejmenší chybovosti zařízení napájet záložním bateriovým zdrojem pro chod zařízení i při výpadku napájení ze sítě.

Měření spotřeby elektrické energie zvládá měřit i velmi nízký odběr. Při zapojení napájení zařízení SDS a napájení Wi-Fi routeru byla aktuální spotřeba elektrické energie 4W. Měření odběru elektrické energie zvládá měřit i hodnoty v rámci jednotek wattů. Při měření spotřeby vody a plynu není možné regulovat průtok vodu ani proudění plynu a nemohla být zjištěna minimální hodnota, kterou zařízení nedokáže změřit.

Při měření spotřeby vody a plynu bylo zjištěno při zobrazování aktuální spotřeby přes webové rozhraní zařízení, že po vypnutí oběhového čerpadla nebo kompresoru hodnota okamžité spotřeby se nezastaví skokem, ale delší dobu se pozvolně snižuje až na nulovou hodnotu. Doba pozvolného snižování trvá v řádu jednotek minut. U měření spotřeby elektrické energie se takhle odchylka nevyskytuje. Tato odchylka je způsobena počtem impulsů na jednu měřenou jednotku. Elektroměr má 2000 impulsů na 1 kW·h, kdežto vodoměr a plynoměr má pouze 100 impulsů na 1m<sup>3</sup>. Vodoměr a plynoměr tak vysílají menší počet impulsů než elektroměr a tím dochází ke zkreslení zobrazování aktuální hodnoty spotřeby vody a plynu. Dojde však pouze ke zkreslení zobrazení hodnoty aktuální spotřeby, při velké změně aktuální spotřeby. Celková hodnota spotřeby je zobrazena správně a zde nedochází k žádné odchylce.

Zařízení SDS nabízí mnoho možností v oblasti měření, řízení a regulace za rozumnou cenu. S možností vytvoření vlastního programu a nahrání do zařízení je možné naprogramovat spoustu různých věcí. SDS zařízení je možné využít například v bytovém domě pro dálkový odečet podružných měření, pro informaci o průběžně spotřebované energii kvůli nastavení vhodné výše měsíčních záloh za energie a předejitím vysokého nedoplatku za platby energií.

Z vlastní pracovní zkušenosti zařízení SDS využíváme pro automatické vzdálené nastartování elektrocentrály pro nabíjení ostrovního systému na vysílačích pro poskytování bezdrátového internetu. Jedná se o stožáry umístěné v polích, kde není možné přivést napájení z distribuční soustavy. Na stožáru jsou umístěné solární panely a baterie, které jsou soběstačné přes slunečné letní dny pro napájení vysílacích prvků. V zimních měsících bylo nutné baterie elektrocentrálou dobíjet, proto jsme zvolili zařízení SDS a elektrocentrálu s elektronickým startem pro automatické dobíjení baterií. Program v zařízení hlídá napětí baterií a při poklesu napětí pod minimální hodnotu napětí baterií dá impuls pro start elektrocentrály, která po startu začne baterie dobíjet. Program hlídá maximální hodnotu napětí baterií, při které odpojí elektrocentrálu a tím je vysílač soběstačný i přes zimní období. Jako další využití z praxe zařízení využíváme pro dálkový odečet spotřeby elektrické energie na vysílacích bodech pro vyfakturování spotřeby elektrické energie na dálku a snížení nákladů na výjezd technika pro ruční odečet spotřeby elektrické energie. Zároveň s dálkovým odečtem zařízení využíváme SDS zařízení pro zjištění aktuální výdrže záložního zdroje napájení na vysílačích pro poskytování



bezdrátového internetu. Připojené externí relé odpojí napájení z elektrické sítě a zjišťuje dobu, než napětí záložních baterií klesne pod minimální hodnotu, při které připojí napájení z elektrické sítě. Tímto máme informaci o době zálohy daného vysílacího bodu například při plánovaných odstávkách elektrické energie a ušetření nákladů za výjezd technika s elektrocentrálou.

## 8. Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a zrealizovat laboratorní model. V úvodních kapitolách je popsán systém internetu věcí, jeho výhody použití v současné době jak pro spotřebitelské využití, tak pro průmyslové využití. Dále byly představeny možnosti přenosu dat v systému IoT, především speciálním bezdrátovým sítím, které byly speciálně navrženy pro bezdrátový přenos dat z čidel s účelem nízké energetické náročnosti provozu a přenosu. Pro porovnání se v další části práce nachází přehled různých možností od různých výrobců, kteří umožňují měření spotřeby energií v systému IoT. V praktické části práce byl navržen laboratorní model se zařízením od firmy iNELS, který měl být hlavní součástí modelu a pro porovnání s jiným levnějším řeším, bylo navrženo zařízení SDS od firmy online technology. Laboratorní model byl osazen zařízením SDS, které v porovnání cena/výkon vyšlo lépe než zařízení iNELS. Zařízení SDS sice neumí připojení ke stávajícím měřidlům, ale bylo dokoupeno čidlo pro snímání dat z plynoměru. Zařízení SDS nabízí za rozumnou cenu zajímavé zařízení, které nabízí spoustu možností bez nutnosti dokupovat další drahé moduly. Nevýhodou zařízení SDS je v ukládání dat. V zařízení je možné zobrazit jen aktuální stav měřidel, aktuální odběr, aktuální stav napětí nebo teploty. Pro archivaci dat a následné zpracování je potřeba zařízení spárovat s energy cloudem výrobce, aby zařízení odesílalo data na cloud a tam byli data vyhodnocována. Jako další nevýhodu jsem při testování narazil, že připojené impulsní výstupy by měli umět generovat co nejvíce impulsů na jednu jednotku. Při testování se ukázalo, že elektroměr generuje 2000 impulsů na jednu kW·h a aktuální spotřeba sedí se skutečnou. Na rozdíl od vodoměru, který generuje jen 100 impulsů na jeden m<sup>3</sup> a aktuální spotřeba nesedí se skutečnou a po vypnutí odběru ukazuje ještě delší dobu neaktuální odběr.

Celkové náklady na panel byly 12500 Kč s DPH.

Jako možné rozšíření práce se nabízí spousta možností. Osadit panel plánovaným zařízením od firmy iNELS a provést porovnání a vyhodnocení dvou různých řešení. Jako další možné rozšíření práce by bylo naprogramování zařízení SDS pro automatické spínání zátěže při překročení nastavené maximální spotřeby elektrické energie. Tímto by bylo možné snížit náklady za elektrickou přípojku snížením ceny za instalovaný výkon, který by tímto zařízením mohl být nižší, a při plně elektrické domácnosti by bylo možné snížit náklady za elektrickou energii.

## 9. Seznam použitých zdrojů

- [1] Dálkové odečty [online]. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.enbra.cz/v-cesku-jsou-stale-popularnejsi-dalkove-odecty>
- [2] Sítě pro internet věcí v České republice [online]. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/informacni-a-telekomunikacni-technologie/16519-site-pro-internet-veci-v-ceske-republice>
- [3] Smart city [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: [https://www.elkoep.cz/media/files/download/item/files-303/11\\_Smart\\_City\\_CZ\\_2019\\_print.pdf](https://www.elkoep.cz/media/files/download/item/files-303/11_Smart_City_CZ_2019_print.pdf)
- [4] *Pokrytí sítě Sigfox* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://simplecell.eu/wp-content/uploads/2014/08/map-final-1500x856.png>
- [5] *Struktura sítě Sigfox* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/docu/clanky/0165/016519o5.png>
- [6] *Pokrytí sítě LoRs* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: [https://www.cra.cz/files/clanky\\_upld/novy\\_gif.gif](https://www.cra.cz/files/clanky_upld/novy_gif.gif)
- [7] *Struktura sítě LoRa* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/docu/clanky/0165/016519o10.png>
- [8] *Struktura sítě NB-IoT* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/docu/clanky/0165/016519o16.png>
- [9] *Innosvět* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.innosvet.cz>
- [10] *Intelligentní elektroinstalace* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: [https://www.elkoep.cz/media/files/download/item/files-143/11\\_Smart\\_Home\\_CZ\\_print.pdf](https://www.elkoep.cz/media/files/download/item/files-143/11_Smart_Home_CZ_print.pdf)
- [11] *Měření a vizualizace energií* [online]. 1. 2018, s. 7 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: [https://www.elkoep.cz/media/files/download/item/files-13/11\\_sec\\_Letak\\_energy\\_management\\_2018\\_CZ\\_view\\_version.pdf](https://www.elkoep.cz/media/files/download/item/files-13/11_sec_Letak_energy_management_2018_CZ_view_version.pdf)
- [12] *Odečet údajů o spotřebě systémem Synco living* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: [https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty\\_a\\_sluzby/IBT/synco\\_living/o\\_systemu/PublishingImages/Odecet%20spotreby%20low%20res.jpg](https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/synco_living/o_systemu/PublishingImages/Odecet%20spotreby%20low%20res.jpg)
- [12] *Foxconn4tech* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: [https://www.foxconn4tech.com/media/fact-sheets-cs/Power\\_monitoring\\_CZ.pdf](https://www.foxconn4tech.com/media/fact-sheets-cs/Power_monitoring_CZ.pdf)
- [13] *Zařízení SDS BIG64 LORAWAN* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: *Zařízení SDS BIG64 LORAWAN*  
[http://www.onlinetechnology.cz/data/eshop/gallery/thumb/427\\_1508844354\\_big\\_lora\\_5.jpg](http://www.onlinetechnology.cz/data/eshop/gallery/thumb/427_1508844354_big_lora_5.jpg)
- [14] *Online technology* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: [http://wiki.merenienergie.cz/index.php/Hlavní\\_strana](http://wiki.merenienergie.cz/index.php/Hlavní_strana)
- [15] *SDS MICRO LIGHT E* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: [http://www.onlinetechnology.cz/data/eshop/orig/10\\_\\_dsc1438-01.jpg?1395517500](http://www.onlinetechnology.cz/data/eshop/orig/10__dsc1438-01.jpg?1395517500)
- [16] *Tecomat Foxtrot* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/products/cat/cz/plc-tecomat-foxtrot-3/>
- [17] *PLC Tecomat Foxtrot* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: [http://www.tecomat.cz/uploads/images/fotoprod/Foxtrot/600\\_FOXTROT\\_CP-1014\\_02.png](http://www.tecomat.cz/uploads/images/fotoprod/Foxtrot/600_FOXTROT_CP-1014_02.png)
- [18] *ELKO EP, s.r.o. - Energy brána RFPM-2M* [online]. [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://www.elkoep.bg/energy-brana-rfpm-2m>

- [19] *ELKO EP, s.r.o. - Bezdrátový převodník pulzů RFTM-1* [online]. [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://www.elkoep.cz/bezdratovy-prevodnik-pulzu-rftm-1>
- [20] *ELKO EP, s.r.o. - Proudový transformátor - CT50* [online]. [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://www.elkoep.cz/proudovy-transformator---ct50>
- [21] *ELKO EP, s.r.o. - LED sensor - LS* [online]. [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://www.elkoep.cz/led-sensor---ls>
- [22] *ELKO EP, s.r.o. - Magnetický senzor WS* [online]. [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://eshop.elkoep.cz/ws-sensor---detail-1AG6000101.aspx>
- [23] *ELKO EP, s.r.o. - Magnetický senzor MS* [online]. [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://www.elkoep.cz/magnetic-sensor---ms>
- [24] *SDS MICRO DIN E* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: [http://www.onlinetechnology.cz/data/soubory/dokumentace\\_2016/SDS\\_MICRO\\_DIN\\_E-uziv\\_2013CZ.pdf](http://www.onlinetechnology.cz/data/soubory/dokumentace_2016/SDS_MICRO_DIN_E-uziv_2013CZ.pdf)
- [25] *Oběhové čerpadlo* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://cdn.topenilevne.cz/images/0/f8be5adb8333f968/1/easy-omis-ups-25-40-180mm.jpg>
- [26] *Vodoměr* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: [http://www.kapka-vodomery.cz/img/\\_full/vodomery/bytove/enbra\\_ev.jpg](http://www.kapka-vodomery.cz/img/_full/vodomery/bytove/enbra_ev.jpg)
- [27] *Katalogový list LS\_MS\_WS* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: [https://eshop.elkoep.cz/documents/rfx/sensory/ls\\_led%20sensor/share\\_dokumentace/cs/manual\\_ls\\_ms\\_ws\\_s0.pdf](https://eshop.elkoep.cz/documents/rfx/sensory/ls_led%20sensor/share_dokumentace/cs/manual_ls_ms_ws_s0.pdf)
- [28] *Kompresor* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: [https://www.decathlon.cz/media/835/8358188/big\\_700176.jpg](https://www.decathlon.cz/media/835/8358188/big_700176.jpg)
- [29] *Plynoměr BK-G4* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://img.obrazky.cz/?url=1dcf5d9a62924719&size=3>
- [30] *Čidlo IN-Z61* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: [https://www.revizeshop.cz/fotky29448/fotov/\\_ps\\_1283katalogovy-list\\_inz\\_sk-pdf.pdf](https://www.revizeshop.cz/fotky29448/fotov/_ps_1283katalogovy-list_inz_sk-pdf.pdf)
- [31] *Podružný elektroměr* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: [http://www.onlinetechnology.cz/data/eshop/thumb2/141\\_1509434262\\_101d\\_2.jpg](http://www.onlinetechnology.cz/data/eshop/thumb2/141_1509434262_101d_2.jpg)
- [32] *Mikrotik Hap ac lite* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: [https://www.discomp.cz/mikrotik-routerboard-rb952ui-5ac2nd-hap-ac-lite-5x-lan-usb-300-433mbps\\_d71768.html?fulltextword=952](https://www.discomp.cz/mikrotik-routerboard-rb952ui-5ac2nd-hap-ac-lite-5x-lan-usb-300-433mbps_d71768.html?fulltextword=952)
- [33] *Mikrotik* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: [www.mikrotik.com](http://www.mikrotik.com)